



TUGAS AKHIR (RC18-4803)

**DESAIN MODIFIKASI GEDUNG FAKULTAS EKONOMI
DAN BISNIS UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF.
DR. HAMKA (UHAMKA) JAKARTA DENGAN METODE
PRACETAK DAN *BUBBLEDECK***

M. Dachreza Tri Kurnia Putra
NRP. 03111540000097

Dosen Pembimbing I
Prof. Tavier, S.T., M.T., Ph.D.

Dosen Pembimbing II
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT (RC18-4803)

**MODIFICATION DESIGN OF FACULTY OF ECONOMIC
AND BUSINESS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA
UNIVERSITY (UHAMKA) JAKARTA BUILDING WITH
PRECAST CONCRETE AND *BUBBLEDECK* METHOD**

M. Dachreza Tri Kurnia Putra
NRP. 03111540000097

Academic Supervisor I
Prof. Taviero, S.T., M.T., Ph.D.

Academic Supervisor II
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

Civil Engineering Department
Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**DESAIN MODIFIKASI GEDUNG FAKULTAS
EKONOMI DAN BISNIS UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA (UHAMKA)
JAKARTA DENGAN METODE PRACETAK DAN
BUBBLEDECK**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Struktur
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

M. DACHREZA TRI KURNIA PUTRA
NRP. 0311154000097

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

- 
1. Prof. Tawio ST, MT, PhD (Pembimbing I)
 2. Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA (Pembimbing II)

**SURABAYA
JANUARI, 2019**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**DESAIN MODIFIKASI GEDUNG FAKULTAS
EKONOMI DAN BISNIS UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA (UHAMKA)
JAKARTA DENGAN METODE PRACETAK DAN
*BUBBLEDECK***

Nama Mahasiswa : M. Dachreza Tri Kurnia Putra

NRP : 03111540000097

Jurusan : Teknik Sipil

Dosen Pembimbing : Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.

Prof Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

ABSTRAK

Jakarta adalah kota terbesar dengan penduduk terbanyak di Indonesia. Dengan banyaknya penduduk, menuntut pembangunan akan prasarana seperti gedung tinggi (high rise building) yang semakin cepat. Oleh karena itu dibutuhkan inovasi konstruksi yang relatif cepat dan juga tetap kuat. Pada perkembangannya saat ini, sebuah bangunan juga tidak hanya membutuhkan kekuatan saja, tetapi memperhatikan dari segi keindahan atau arsitekturalnya.

Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka (UHAMKA) terletak di Ciracas, Jakarta Timur. Gedung ini terdiri dari 9 lantai dengan basement dan dibangun dengan beton bertulang menggunakan metode cor ditempat. Untuk menghemat biaya dan waktu konstruksi tanpa mengurangi mutu dan kualitas beton, akan dimodifikasi dengan metode pracetak dan metode Bubble Deck dan dimodifikasi dari yang awalnya 9 lantai menjadi 10 lantai. Untuk perkuatan terhadap gempa, gedung ini juga akan didesain menggunakan Shearwall. Dengan digunakannya BubbleDeck, membuat struktur gedung menjadi lebih ringan dan lebih indah secara estetika. Dari

hasil Analisa yang dilakukan, digunakan BubbleDeck tipe BD230 untuk atap dan BD280 untuk lantai.

Kata Kunci : Beton Pracetak, BubbleDeck, Sistem Ganda.

**MODIFICATION DESIGN OF FACULTY OF
ECONOMIC AND BUSINESS MUHAMMADIYAH
PROF. DR. HAMKA UNIVERSITY (UHAMKA)
JAKARTA BUILDING WITH PRECAST CONCRETE
AND BUBBLEDECK METHOD**

Student Name : M. Dachreza Tri Kurnia Putra

NRP : 03111540000097

Department : Teknik Sipil

Academic Supervisor : Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.

Prof Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

ABSTRACT

Jakarta is the largest city with the largest population in Indonesia. With a high population, demanding faster infrastructure construction such as high rise building. Therefore, it needs fast construction innovation and also remains strong. At this time, a building requires not only strength but also need to pay attention on architectural aspect.

Faculty of Economic and Business of Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka (UHAMKA) Building located in Ciracas, East Jakarta. This building has 9 floors with basement and built with reinforced concrete and cor in-situ method. To save construction cost and time without reduce it strength, this building will be modified with Precast Concrete and BubbleDeck Method and modified from 9 floors to 10 floors. This building also will be constructed with Shear Wall for resistance to earthquake. With the use of BubbleDeck, makes the structure lighter and looks good aesthetically. From the analysis that has been conducted, type BD230 for roof and BD280 for floor Bubbledeck is used.

Keyword : Precast Concrete, BubbleDeck, Shear Wall

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur bagi Allah SWT atas limpahan petunjuk dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini membahas “Desain Modifikasi Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka (UHAMKA) Jakarta dengan Metode Pracetak dan Bubbledeck”.

Pada akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Tavio, ST. MT, Ph.D. dan Bapak Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA. Selaku Dosen Wali.
3. Bapak dan Ibu dosen serta staf pengajar Jurusan Teknik Sipil FTSLK – ITS.
4. Kedua orang tua saya yang senantiasa mendukung saya sepenuhnya.
5. Erika Ainun Zakinah Ikhsan, sahabat saya yang berjuang bersama dari SMA hingga kuliah.
6. Wafi, Galih, Maria, Lilla, Dias, Oki, Andra, Lunar sahabat-sahabat saya sejak mahasiswa baru yang banyak membantu selama perkuliahan.
7. Glory, Stella, Fahmi, Nabila, Jeni, Billy sahabat-sahabat saya yang selalu menemani dan mengajar saya selama perkuliahan
8. Rekan – rekan S-58 serta semua pihak yang saya tidak bisa sebutkan satu persatu yang telah membantu penyusunan Tugas akhir ini.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, saya menyadari bahwa masih ada kekurangan. Maka kritik dan saran yang bersifat membangun sangat saya harapkan demi laporan ini.

Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, penulis dan semua pihak yang terkait.

Surabaya, Januari 2019

(Penulis)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TITTLE PAGE	iii
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.2.1 Masalah Utama.....	3
1.2.2 Detail Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	4
1.3.1 Tujuan Utama	4
1.3.2 Tujuan Detail	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Sistem Struktur Gedung	7
2.3 Beton Pracetak.....	8
2.3.1 Balok	10
2.3.2 Kolom.....	10

2.3.3 Pelat.....	11
2.4 <i>BubbleDeck</i>	14
2.5 Sambungan Beton Pracetak.....	16
2.5.1 NMB Splice Sleeve	17
2.6 Dinding Geser	18
BAB III METODOLOGI	19
3.1 Umum.....	19
3.2 Bagan Alir Perencanaan	20
3.3 Pengumpulan Data	21
3.4 Metode Pelaksanaan.....	23
3.4.1 Sistem Struktur	23
3.4.2 Sistem Transportasi	24
3.4.3 Metode Erection	24
3.4.4 Pengangkatan Elemen Pracetak.....	25
3.5 Preliminary Design Struktur.....	25
3.5.1 Perencanaan Dimensi Pelat	26
3.5.2 Perencanaan Dimensi Kolom	26
3.6 Pembebanan	27
3.6.1 Beban Statis.....	27
3.6.2 Beban Dinamis	28
3.6.3 Kombinasi Pembebanan	30
3.7 Permodelan Struktur.....	30
3.8 Kontrol Persyaratan Struktur.....	31
3.8.1 Kontrol Partisipasi Massa.....	31
3.8.2 Kontrol Perioda Fundamental Struktur	31

4.3.1 Perencanaan Tangga.....	40
4.3.2 Perhitungan Balok Bordes.....	53
4.3.3 Perhitungan Balok Lift	56
4.4 Preliminary Design.....	60
4.4.1 Preliminary Design Struktur Primer.....	60
4.5 Permodelan Struktur.....	70
4.5.1 Desain Struktur Primer.....	70
4.5.2 Pembebanan.....	72
4.5.3 Permodelan <i>BubbleDeck</i> pada ETABS	75
4.6 Kontrol Persyaratan Struktur.....	76
4.6.1 Kontrol Beban Gravitasi.....	77
4.6.2 Kontrol Partisipasi Massa.....	79
4.6.3 Kontrol Periode Waktu Getar Alami Fundamental (T)	80
4.6.4 Kontrol Respon Seismik.....	82
4.6.5 Kontrol Batas Simpangan (<i>Drift</i>)	85
4.6.6 Kontrol Sistem Ganda	86
4.7 Perhitungan Struktur Primer.....	87
4.7.1 Umum.....	87
4.7.2 Desain <i>BubbleDeck</i>	87
4.7.3 Desain Drop Panel.....	138
4.7.4 Desain Balok Tepi.....	142
4.7.5 Desain Kolom.....	160
4.7.6 Desain <i>Shear Wall</i>	173
4.8 Perhitungan Struktur Bawah	178
4.8.1 Perencanaan Pondasi	178

4.8.2 Perencanaan Poer	192
4.8.3 Perencanaan Sloof	199
4.8.4 Perencanaan Pelat Basement	202
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	209
5.1 Kesimpulan.....	209
5.2 Saran.....	210
DAFTAR PUSTAKA.....	211
LAMPIRAN	213

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Tampak Barat Desain Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka (UHAMKA)	2
Gambar 2. 1 Interaksi antara sistem rangka pemikul momen dan sistem dinding struktural	7
Gambar 2. 2. Penampang Balok, (a) Balok Persegi, (b) Balok L, (c) Balok T Terbalik	10
Gambar 2. 3. Kolom Pracetak	11
Gambar 2. 4. Penampang <i>Solid Slab</i>	12
Gambar 2. 5. Ilustrasi <i>Waffle Slab</i>	12
Gambar 2. 6. Ilustrasi <i>Ribbed Slab</i>	13
Gambar 2. 7. Penampang <i>Hollow Core Slab</i>	13
Gambar 2. 8. Konsep dan Potongan <i>BubbleDeck</i>	14
Gambar 2. 9. Jenis-Jenis <i>BubbleDeck</i> , (a) Tipe-A, (b) Tipe-B, (c) Tipe-C	15
Gambar 2. 10. Ilustrasi NMB Splice Sleeve 8-UX	17
Gambar 3. 1. Bagan Alir Perencanaan	20
Gambar 3. 2. Sistem Struktur Rangka dengan Kolom Sambungan Setiap Lantai	24
Gambar 3. 3. Metode <i>Erection Horizontal</i>	25
Gambar 3. 4. Pengangkatan Kolom Pracetak	25
Gambar 3. 5. Perhitungan Simpangan Antar Lantai	33
Gambar 3. 6. Ilustrasi Sambungan Kolom-Kolom	35
Gambar 4. 1. Sistem Struktur yang digunakan	38
Gambar 4. 2. Metode <i>Erection Horizontal</i>	39
Gambar 4. 3. Ilustrasi Pengangkatan Elemen Pracetak	40
Gambar 4. 4. Denah Tangga	41
Gambar 4. 5. Permodelan Tangga	43
Gambar 4. 6. Bidang N pada Tangga	45

Gambar 4. 7. Bidang D pada Tangga	46
Gambar 4. 8. Bidang M pada Tangga.....	47
Gambar 4. 9. Denah Lift.....	57
Gambar 4. 10. Spesifikasi Lift.....	57
Gambar 4. 11. Berbagai Jenis Tebal <i>BubbleDeck</i>	60
Gambar 4. 12. Kolom Yang Ditinjau	62
Gambar 4. 13. Tampak 3D Struktur	70
Gambar 4. 14. Tampak Samping Struktur.....	71
Gambar 4. 15. Denah Lantai 1 Struktur	71
Gambar 4. 16. Grafik Respon Spektrum	75
Gambar 4. 17. Faktor yang dimasukkan ke ETABS	76
Gambar 4. 18. Momen yang Terjadi (M11)	88
Gambar 4. 19. Momen yang Terjadi (M22)	89
Gambar 4. 20. Detail BD280 Lajur Kolom Tumpuan Arah X....	93
Gambar 4. 21. Detail BD280 Lajur Kolom Lapangan Arah X....	96
Gambar 4. 22. Detail BD280 Lajur Tengah Tumpuan Arah X...	99
Gambar 4. 23. Detail BD280 Lajur Tengah Lapangan Arah X.	102
Gambar 4. 24. Rekapitulasi Penulangan BD280 Arah Y	103
Gambar 4. 25. Distribusi Tegangan Geser Pada Kolom Interior	110
Gambar 4. 26. Distribusi Tegangan Geser Pada Kolom Eksterior	112
Gambar 4. 27. Detail BD230 Lajur Kolom Tumpuan Arah X..	122
Gambar 4. 28. Detail BD230 Lajur Kolom Lapangan Arah X..	125
Gambar 4. 29. Detail BD230 Lajur Tengah Tumpuan Arah X.	128
Gambar 4. 30. Detail BD230 Lajur Tengah Lapangan Arah X.	131
Gambar 4. 31. Rekapitulasi Penulangan BD230 Arah Y	132
Gambar 4. 32. Distribusi Tegangan Geser Pada Kolom Interior	135
Gambar 4. 33. Distribusi Tegangan Geser Pada Kolom Eksterior	136
Gambar 4. 34. Denah Balok Tepi.....	142
Gambar 4. 35. Diagram Interaksi Kolom	162
Gambar 4. 36. Diagram Interaksi Kolom Akibat fs	163

Gambar 4. 37. Pengangkatan Kolom Menggunakan <i>Colift Mounting System</i>	167
Gambar 4. 38. Spesifikasi <i>Colift Mounting System</i>	169
Gambar 4. 39. Letak Titik Angkat Kolom	169
Gambar 4. 40. Ilustrasi <i>NMB Splice Sleeve</i>	172
Gambar 4. 41. Denah <i>Shear Wall</i> dan Penamaannya	174
Gambar 4. 42. Diagram Interaksi SW1	177
Gambar 4. 43. Pembagian Segmen Tiang Pancang	182
Gambar 4. 44. Grafik Pijin Vs Kedalaman	184
Gambar 4. 45. Denah Pondasi	185
Gambar 4. 46. Rumus Ce Converse Labarre	186
Gambar 4. 47. Pondasi Tipe 1	187
Gambar 4. 48. Diagram Gaya Lateral Tiang	189
Gambar 4. 49. Grafik Immediate Settlement of Isolate Footing	190
Gambar 4. 50. Grafik Influence Value for Laterally Loaded Pile	191
Gambar 4. 51. Diagram Interaksi Sloof	201
Gambar 4. 52. Spesifikasi Penulangan Sloof	201

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Keunggulan dan Kelemahan Beton Pracetak	8
Tabel 3. 1. Perbandingan L/d untuk <i>BubbleDeck</i>	26
Tabel 3. 2. Beban Mati Berdasarkan PPIUG 1983.....	27
Tabel 3. 3. Beban Hidup Berdasarkan SNI 1727:2013	27
Tabel 3. 4. Koefisien Cu.....	32
Tabel 3. 5. Jadwal Kegiatan Tugas Akhir	36
Tabel 4. 1. Rekapitulasi Penulangan Tangga	53
Tabel 4. 2. Pembebanan Kolom Lantai 8-Atap	64
Tabel 4. 3. Pembebanan Kolom Lantai 5-7	65
Tabel 4. 4. Pembebanan Kolom Lantai 3-4.....	66
Tabel 4. 5. Pembebanan Kolom Lantai 1-2.....	67
Tabel 4. 6. Rekapitulasi Dimensi Balok Tepi.....	69
Tabel 4. 7. Beban Mati Tambahan Lt 1-10	72
Tabel 4. 8. Beban Mati Tambahan Atap.....	72
Tabel 4. 9. Nilai Ss, S1, Fa, Fv, Sms, Sd1, Sds, Sd1.....	73
Tabel 4. 11. Pembebanan Struktur	77
Tabel 4. 12. Rekapitulasi Pembebanan Beserta ETABS.....	79
Tabel 4. 13. Partisipasi Massa Struktur.....	80
Tabel 4. 14. Nilai Koefisien Cu.....	81
Tabel 4. 15. Nilai Koefisien Ct dan x.....	81
Tabel 4. 16. Periode Permodelan ETABS.....	81
Tabel 4. 17. Nilai Base Shear dari ETABS	83
Tabel 4. 18. Nilai <i>Base Shear</i> yang Baru	84
Tabel 4. 19. Batas Simpangan Gedung	85
Tabel 4. 20. Kontrol Batas Simpangan.....	85
Tabel 4. 21. Kontrol Sistem Ganda	86
Tabel 4. 22. Rekapitulasi Nilai Momen dari ETABS.....	89
Tabel 4. 23. Nilai Vu Muka Kolom Interior.....	104
Tabel 4. 24. Rekapitulasi Perhitungan Vc Muka Kolom Interior	105
Tabel 4. 25. Nilai Vu Muka Kolom Eksterior	105

Tabel 4. 26. Rekapitulasi Perhitungan V_c Muka Kolom Eksterior	107
Tabel 4. 27. Nilai V_u Muka Drop Panel.....	108
Tabel 4. 28. Rekapitulasi Perhitungan V_c Muka Drop Panel....	109
Tabel 4. 29. Nilai V_u Akibat Beban Gravitasi dan M_u Kolom Interior.....	110
Tabel 4. 30. Rekapitulasi Perhitungan Penyaluran Momen Kolom Interior.....	111
Tabel 4. 31. Nilai V_u Akibat Beban Gravitasi dan M_u Kolom Eksterior	112
Tabel 4. 32. Rekapitulasi Perhitungan Penyaluran Momen Kolom Eksterior	113
Tabel 4. 33. Nilai V_u Akibat Beban Gravitasi dan M_u Drop Panel	114
Tabel 4. 34. Rekapitulasi Perhitungan Penyaluran Momen Drop Panel.....	115
Tabel 4. 35. Rekapitulasi Nilai Momen Dari ETABS.....	118
Tabel 4. 36. Momen Yang Terjadi Pada Balok Tepi.....	148
Tabel 4. 37. Rekapitulasi Penulangan Lentur Balok Tepi.....	158
Tabel 4. 38. Nilai M_{pr} Tumpuan Balok Tepi.....	158
Tabel 4. 39. Rekapitulasi Penulangan Kolom	170
Tabel 4. 40. Rekapitulasi Penulangan Shear Wall	178
Tabel 4. 41. Beban Pada Tipe 1.....	179
Tabel 4. 42. Beban Pada Tipe 2.....	179
Tabel 4. 43. Beban Pada Tipe 3.....	180
Tabel 4. 44. Beban Pada Tipe 4.....	180
Tabel 4. 45. Rekapitulasi Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang	182
Tabel 4. 46. Kontrol P_{max} Tipe 1	188
Tabel 4. 47. Kontrol P_{max} Tipe 2	188
Tabel 4. 48. Kontrol P_{max} Tipe 3	188
Tabel 4. 49. Kontrol P_{max} Tipe 4	189
Tabel 4. 50. Rekapitulasi Penulangan Akibat Beban Parkir.....	204
Tabel 4. 51. Rekapitulasi Penulangan Akibat Beban Uplift Air.....	207

BAB I

PENDAHULUAN

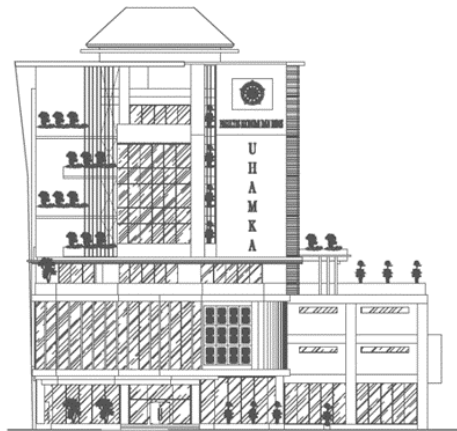
1.1 Latar Belakang

Jakarta adalah kota terbesar dengan penduduk terbanyak di Indonesia. Menurut Badan Pusat Statistik, jumlah penduduk DKI Jakarta adalah 10,37 juta jiwa pada tahun 2017. Dengan banyaknya penduduk, menuntut pembangunan akan prasarana seperti gedung tinggi (*high rise building*) yang semakin cepat. Hal tersebut membutuhkan teknologi konstruksi yang membutuhkan waktu pembangunan yang relatif cepat tanpa mengorbankan mutu dan kualitas beton.

Beton pracetak terdiri dari beton (campuran semen, air, agregat dan admixture) yang dicetak menjadi bentuk tertentu di lokasi yang berbeda dari lokasi layannya (PCI Handbook). Metode pracetak (*precast*) mempunyai keunggulan dibandingkan metode cor di tempat (*cast in site*). Beberapa kenggunaannya adalah kecepatan dalam pelaksanaan pembangunannya sehingga durasi proyek menjadi lebih singkat, dicapainya tingkat fleksibilitas dalam proses perancangan, pekerjaan di lokasi proyek jadi lebih sederhana, pihak yang bertanggung jawab lebih sedikit karena tidak membutuhkan pekerja yang banyak karena beton telah dicetak di pabrikasi, mempunyai aspek positif terhadap schedule terutama kemudahan di dalam pengawasan dan pengendalian biaya serta jadwal pengerjaan, produksinya hampir tidak terpengaruh oleh cuaca, menghasilkan bangunan dengan akurasi dimensi dan mutu yang lebih baik, kontinuitas proses konstruksi dapat terjaga sehingga perencanaan kegiatan dapat lebih akurat, dan tidak membutuhkan tempat penyimpanan material terlalu luas (Ervianto, 2006).

Pada perkembangannya saat ini, sebuah bangunan tidak hanya membutuhkan kekuatan saja, tetapi juga memperhatikan dari segi keindahan atau arsitekturalnya. Salah satu alternatifnya adalah dengan menggunakan metode *Flat Slab*, khususnya *Bubble Deck*. *BubbleDeck* adalah sebuah inovasi pelat beton bertulang

dengan mengganti bagian beton yang secara struktur tidak bekerja dengan bola plastik berisi udara tanpa mengurangi kekuatannya. Metode *BubbleDeck* mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan metode pelat beton bertulang biasanya antara lain tidak memakai balok, mengurangi tinggi bangunan, lebih ekonomis karena membutuhkan beton yang lebih sedikit, membutuhkan kolom yang lebih sedikit, dan lebih indah secara estetika. Perancangan dan perilaku struktur *flat slab* terbukti baik untuk menerima beban gravitasi, Namun Kekurangan dari metode *flat slab* adalah untuk menerima beban lateral (gempa) belum terbukti ketepatan dan keakuratannya (Tavio, Lukman Hemawan, 2009). Metode *flat slab* hanya bisa digunakan di zona gempa rendah sampai zona gempa menengah. Karena Jakarta berada di zona gempa tinggi, maka metode *flat slab* harus dipadukan dengan dinding geser (*shear wall*) sehingga beban gempa nantinya akan diterima oleh dinding geser.



Gambar 1. 1 Tampak Barat Desain Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka (UHAMKA)

(Sumber : PT. Brantas Abipraya)

Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka (UHAMKA) terletak di Ciracas, Jakarta Timur. Gedung ini terdiri dari 9 lantai dengan basement dan dibangun dengan beton bertulang menggunakan metode cor ditempat. Untuk menghemat biaya dan waktu konstruksi tanpa mengurangi mutu dan kualitas beton, penulis akan memodifikasi Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis UHAMKA dengan metode pracetak dan metode *Bubble Deck* dan memodifikasi dari yang awalnya 9 lantai menjadi 10 lantai.

1.2 Perumusan Masalah

1.2.1 Masalah Utama

Bagaimana merencanakan ulang Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka dengan menggunakan metode pracetak dan metode *Bubble Deck* ?

1.2.2 Detail Masalah

Detail masalah yang akan ditinjau pada perencanaan ini adalah :

1. Bagaimana menentukan preliminary design, struktur primer dan struktur sekunder yang sesuai dengan hasil perencanaan ?
2. Bagaimana perhitungan pembebanan setelah perencanaan struktur ?
3. Bagaimana melakukan analisa permodelan struktur dengan menggunakan program bantu SAP2000 / ETABS ?
4. Bagaimana merencanakan struktur sekunder ?
5. Bagaimana merencanakan dimensi dari *Bubble Deck* ?
6. Bagaimana merencanakan struktur primer yang merupakan beton pracetak ?
7. Bagaimana merencanakan sambungan antar elemen struktur agar tahan gempa ?
8. Bagaimana merancang pondasi yang mampu menahan beban yang dipikul dan sesuai dengan kondisi tanah yang berbeda?

9. Bagaimana membuat gambar teknik dari hasil perhitungan struktur ?

1.3 Tujuan

1.3.1 Tujuan Utama

Tujuan utama perencanaan Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka adalah mampu merencanakan dan menetapkan metode beton pracetak dan metode *BubbleDeck* dalam pembangunan seluruh komponen struktur sesuai dengan peraturan yang berlaku.

1.3.2 Tujuan Detail

Tujuan detail pada perencanaan ini adalah :

1. Menentukan preliminary design, struktur primer, dan struktur sekunder yang sesuai dengan hasil perencanaan ulang.
2. Menghitung pembebanan setelah perencanaan ulang.
3. Mendapatkan hasil analisa struktur gedung dalam program bantu SAP2000 / ETABS.
4. Mendapatkan dimensi dan tulangan dari struktur sekunder yang bekerja.
5. Mendapatkan dimensi dan tulangan dari *Bubble Deck*.
6. Mendapatkan dimensi dan tulangan dari beton pracetak.
7. Menentukan metode sambungan dari elemen-elemen pracetak yang tahan gempa.
8. Merancang pondasi dari struktur yang mampu menahan beban yang dipikul dan sesuai dengan kondisi tanah yang berbeda.
9. Mendapatkan gambar teknik dari hasil perhitungan struktur.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah perencanaan Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka hanya

menjelaskan permasalahan dari sudut pandang ilmu teknik sipil terkhusus pada bidang perencanaan struktur, antara lain :

1. Perencanaan elemen struktur pracetak hanya pada kolom.
2. Perencanaan tidak meninjau dari segi produksi elemen struktur, segi analisis anggaran biaya
3. Perencanaan *basement* dan pondasi.
4. Tidak menghitung dinding penahan tanah pada *basement*.

1.5 Manfaat

Manfaat dari perencanaan Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka adalah untuk mendapatkan alternatif desain pada pembangunan Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka dengan menggunakan metode beton pracetak dan metode *Bubble Deck* dan juga untuk dapat menjadi acuan bagi para pembaca tentang pembangunan dengan metode beton pracetak dan metode *Bubble Deck*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

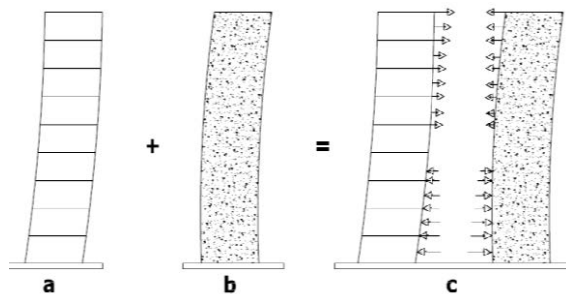
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Dalam tinjauan pustaka ini akan dibahas jurnal-jurnal dan dasar teori menyangkut perencanaan Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka, Jakarta secara umum dengan menggunakan beton pracetak dan *BubbleDeck* secara khusus.

2.2 Sistem Struktur Gedung

Terdapat beberapa sistem struktur yang secara umum digunakan untuk perencanaan gedung, antara lain sistem rangka pemikul momen, sistem dinding struktural, dan sistem ganda. Perencanaan struktur juga disesuaikan dengan zona gempa lokasi gedung tersebut. Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka sendiri menggunakan sistem ganda. Sistem ganda adalah gabungan antara sistem rangka pemikul momen dan sistem dinding struktural. Beban lateral yang disebabkan oleh gempa dipikul oleh kedua sistem tersebut.



Gambar 2. 1 Interaksi antara sistem rangka pemikul momen dan sistem dinding struktural

(Sumber : Krismahardi & Wahyuono, 2013)

Kemampuan yang tinggi dalam memikul gaya geser pada sistem gabungan antara portal dengan dinding geser disebabkan

adanya interaksi antara keduanya. Interaksi tersebut terjadi karena kedua sistem tersebut mempunyai perilaku defleksi yang berbeda. Akibat beban lateral, dinding geser akan berperilaku *flexural / bending mode*, sedangkan portal akan berdeformasi dalam *shear mode*, dengan demikian, gaya geser dipikul oleh portal pada bagian atas dan dinding geser memikul gaya geser pada bagian bawah (Krismahardi & Wahyuono, 2013).

2.3 Beton Pracetak

Beton pracetak tidak berbeda jauh dengan beton konvensional atau cor di tempat, hanya saja beton pracetak di cetak terlebih dahulu di pabrik lalu dipasang di lokasi proyek. Dewasa ini, beton pracetak sudah sering dijumpai dalam konstruksi bangunan dikarenakan beberapa keunggulan dibandingkan dengan beton konvensional. Keunggulan dan kelemahan beton pracetak dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1. Keunggulan dan Kelemahan Beton Pracetak

Keunggulan	Kelemahan
Pekerjaan di lokasi proyek menjadi lebih sederhana	Dibutuhkan peralatan lapangan dengan kapasitas angkat yang cukup untuk mengangkat komponen konstruksi dan menempatkannya pada posisi tertentu
Produksinya hampir tidak terpengaruh oleh cuaca	Kerusakan yang mungkin timbul selama proses transportasi

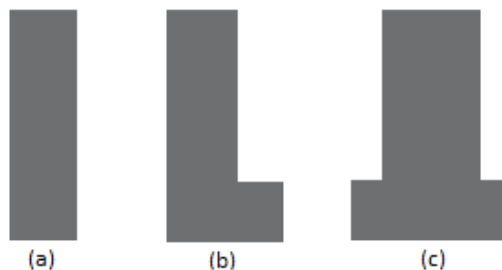
Waktu konstruksi yang relatif lebih singkat karena pekerja lapangan (di lokasi proyek) hanya mengerjakan sebagian dari bangunan dan kemudian digabung dengan komponen-komponen beton pracetak	Diperlukan perencanaan yang detail pada bagian sambungan
Aspek kualitas, dimana beton dengan mutu prima dapat mudah dihasilkan dalam lingkungan pabrik	Diperlukan lahan yang luas untuk proses produksi dalam jumlah yang besar
Mampu mereduksi biaya konstruksi	Hanya cocok untuk bangunan yang menggunakan komponen yang sejenis (<i>typical</i>) atau yang berulang (<i>repetitive</i>)
Dapat dihasilkan bangunan dengan dimensi dan mutu yang lebih baik	
Kontinuitas proses konstruksi dapat terjaga sehingga perencanaan kegiatan dapat lebih akurat	
Banyak mengurangi <i>formwork</i> di lapangan, yang berarti juga mengurangi limbah konstruksi	
Mengurangi penggunaan tenaga kerja	
Mengurangi penggunaan <i>scaffolding</i>	

(Sumber : Dewi, 2011)

2.3.1 Balok

Balok merupakan elemen horizontal struktur yang bentuk dan dimensinya bergantung kepada bentangnya dan beban-beban yang diterima. Balok berguna untuk menerima beban-beban yang ada dan menyalurkannya ke kolom. Beban yang bekerja dapat menyebabkan balok mengalami tarik dan tekan, dan juga dapat menimbulkan lendutan pada balok. Lendutan pada balok tidak boleh melebihi dari yang telah diizinkan di peraturan-peraturan yang sudah berlaku. Jenis balok yang biasa digunakan, yaitu :

- a. Balok Persegi (*Rectangular Beam*)
- b. Balok L (*L-Shaped Beam*)
- c. Balok T Terbalik (*Inverted Tee Beam*)



Gambar 2. 2. Penampang Balok, (a) Balok Persegi, (b) Balok L, (c) Balok T Terbalik

(Sumber : *Precast/Prestressed Concrete Institute*)

2.3.2 Kolom

Kolom merupakan elemen vertikal struktur yang menerima beban dari balok yang diteruskan kebawah sampai pondasi. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan

juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur (Sudarmoko, 1996).



Gambar 2. 3. Kolom Pracetak
(Sumber : *Mid-Atlantic Precast Association*)

2.3.3 Pelat

Pelat adalah elemen horizontal struktur yang menahan beban-beban lalu mendistribusikannya ke balok. Tebal dari pelat bervariasi tergantung dari bentangnya. Adapun jenis pelat pracetak yang biasa digunakan, yaitu :

a. *Solid Slab*

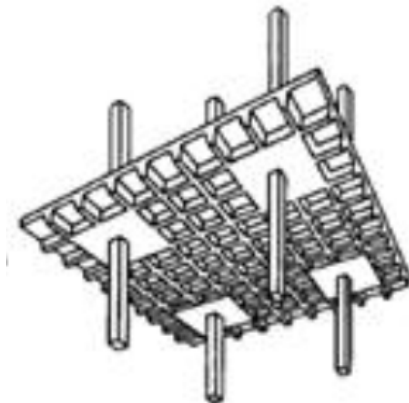
Solid Slab merupakan pelat beton bertulang yang biasa dipakai pada umumnya. Pelat ini biasanya lebih tipis dibandingkan pelat tipe yang lainnya. Tebal dari *Solid Slab* bervariasi, tetapi ada tebal minimum yang diatur sesuai dengan peraturan-peraturan yang berlaku.



Gambar 2. 4. Penampang *Solid Slab*
(Sumber : Eka dkk, 2016)

b. *Waffle Slab*

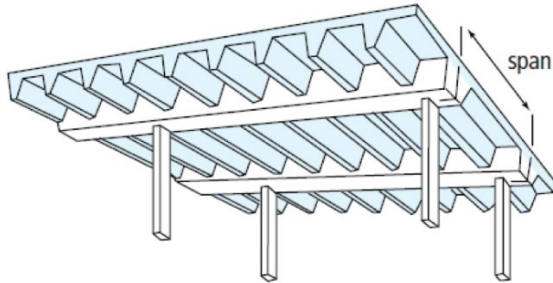
Waffle Slab adalah pelat beton yang diberi perkuatan berupa rusuk pada dua arah yang saling tegak lurus satu sama lain sehingga akan terbentuk kotak-kotak kecil dengan lubang persis seperti *waffle*.



Gambar 2. 5. Ilustrasi *Waffle Slab*
(Sumber : Eka dkk, 2016)

c. *Ribbed Slab*

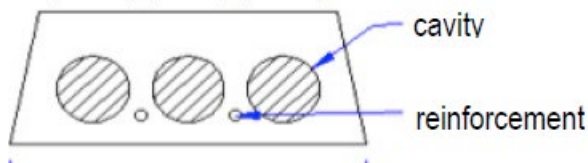
Ribbed Slab adalah pelat beton yang diberi perkuatan berupa rusuk pada satu arah saja. Sekilas *Ribbed Slab* hampir sama dengan *Waffle Slab* hanya saja perbedaannya pada rusuknya saja.



Gambar 2. 6. Ilustrasi *Ribbed Slab*
(Sumber : Brewer Smith Brewer Group)

d. *Hollow Core Slab*

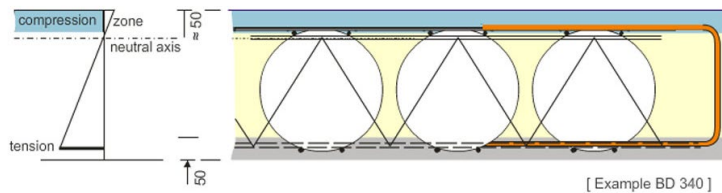
Hollow Core Slab adalah pelat beton yang berlubang di penampang bagian tengahnya. Lubang tersebut tidak mengurangi kekuatan lentur pelat sama sekali tetapi malah memberikan beberapa manfaat salah satunya membuat pelat menjadi lebih ringan karena adanya pengurangan volume beton yang diakibatkan oleh lubang di tengah penampang.



Gambar 2. 7. Penampang *Hollow Core Slab*
(Sumber : Nanang dkk, 2017)

2.4 *BubbleDeck*

BubbleDeck adalah sebuah revolusi di bidang konstruksi yang ditemukan oleh Prof. Jorgen Breuning dan sudah hampir 20 tahun beredar di pasaran. *BubbleDeck* merupakan pelat beton bertulang yang menghilangkan bagian beton yang mengalami tarik yang secara struktur tidak bekerja sama sekali yang kemudian digantikan oleh bola plastik berisi udara. Oleh karena itu, dengan menggunakan *BubbleDeck* dapat mengurangi berat pelat sebesar 30 persen dari berat pelat beton bertulang biasa tanpa mengorbankan kekuatannya.



Gambar 2. 8. Konsep dan Potongan *BubbleDeck*
(Sumber : *Bubbledeck Internasional*)

Terdapat tiga jenis *BubbleDeck* yang diproduksi saat ini (Björnson, 2003), yaitu :

a. Tipe-A

Tipe ini merupakan tipe tradisional. *BubbleDeck* terdiri dari bola plastik di bagian tengahnya dan tulangan baja yang disusun seperti kisi di bagian atas dan bawahnya. Semua komponen tersebut dicor di tempat menggunakan bekisting, sama seperti membuat balok dengan metode konvensional hanya saja bola plastik dan tulangan sudah diatur dan dipasang terlebih dahulu di pabrik.

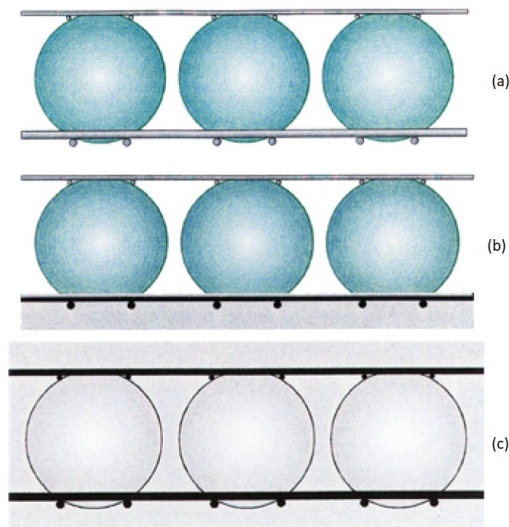
b. Tipe-B

Tipe ini hampir sama dengan Tipe-A, hanya saja pada Tipe-B ini kisi tulangan baja bagian bawah sudah terlebih dahulu dicetak dengan beton atau pracetak di pabrik. Beton pracetak ini berguna

sebagai pengganti bekisting horizontal. Untuk komponen lainnya, seperti bola plastik dan kisi tulangan baja bagian atas, akan dicor di tempat.

c. Tipe-C

Tipe ini merupakan Tipe-A dalam bentuk pracetak dan siap untuk langsung dipasang. Bola plastik dan kisi tulangan baja sudah diatur sedemikian rupa dan dicetak sebelumnya di pabrik.



Gambar 2. 9. Jenis-Jenis *BubbleDeck*, (a) Tipe-A, (b) Tipe-B, (c) Tipe-C
(Sumber : Björnson, 2003)

Adapun keunggulan-keunggulan apabila menggunakan *BubbleDeck* adalah :

- a. Memberikan jangkauan dan kantilever yang lebih besar
- b. Mengurangi penggunaan plafon

- c. Kolom lebih sedikit karena pelat lantai lebih ringan
- d. Membutuhkan pondasi yang lebih sedikit
- e. Tidak menggunakan balok
- f. Mengurangi *Headroom*
- g. Mengurangi berat total dari struktur
- h. Membutuhkan biaya yang lebih sedikit
- i. Meningkatkan fleksibilitas interior
- j. Kurang dipengaruhi oleh cuaca
- k. Mengurangi emisi, menghilangkan emisi CO₂ sampai 40 kg/m²
- l. Memakai material yang lebih sedikit (semen, agregat, dan baja)

2.5 Sambungan Beton Pracetak

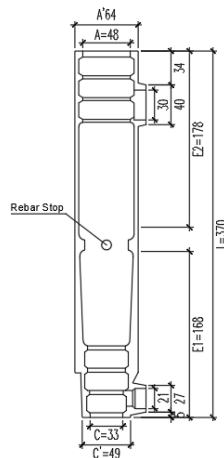
Sambungan merupakan komponen yang penting pada sistem konstruksi pracetak. Sambungan berguna untuk menghubungkan satu elemen struktur dengan elemen struktur lainnya dan menyalurkan gaya-gaya yang bekerja yang akan diteruskan sampai ke pondasi. Terdapat dua jenis sambungan pada beton pracetak, yaitu sambungan basah (*wet joint*) dan sambungan kering (*dry joint*).

- a. Sambungan Basah
Sambungan basah adalah sambungan yang menggunakan metode cor di tempat sehingga tulangan beton pracetak satu dengan yang lainnya dapat menyatu secara monolit.
- b. Sambungan Kering
Sambungan kering adalah sambungan antara beton pracetak satu dengan yang lainnya menggunakan pelat besi yang dilas atau dibaut.

Untuk sambungan basah, struktur yang terbentuk lebih monolit, toleransi dimensi lebih tinggi, namun membutuhkan *setting-time* beton cukup lama yang berpengaruh pada waktu pelaksanaan konstruksi. Sedangkan untuk sambungan kering, struktur yang terbentuk kurang monolit, setelah proses instalasi sambungan segera dapat berfungsi sehingga mempercepat waktu pelaksanaan konstruksi, kelemahannya adalah toleransi dimensi rendah sehingga membutuhkan akurasi yang tinggi selama proses produksi dan pemasangan (Noorhidana dalam Noorhidana, 2009).

2.5.1 NMB Splice Sleeve

NMB Splice Sleeve merupakan salah satu jenis sambungan basah seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Produk ini adalah sambungan mekanis yang terbuat dari baja berbentuk silinder. Tulangan yang akan disambungkan dimasukkan kedalam *Sleeve* lalu nantinya di-*grouting* menggunakan *SS Mortar*. Sambungan akan mempunyai kekuatan yang sesuai dengan ACI 318-14. Gambar 2. 10 menunjukkan ilustrasi NMB Splice Sleeve, untuk ukuran lebih lengkapnya disajikan di Lampiran.



Gambar 2. 10. Ilustrasi NMB Splice Sleeve 8-UX

2.6 Dinding Geser

Dinding geser adalah elemen struktur yang berguna untuk menahan beban lateral seperti beban gempa dan beban angin. Dinding geser mampu menahan beban lateral dikarenakan dinding ini meningkatkan daktilitas dan kekakuan struktur dari suatu bangunan. Hal ini akan menahan atap dan juga lantai atas dari goyangan ke samping yang berlebihan saat gempa bumi sedang terjadi. Selain itu dinding geser ini mampu meredam deformasi pada saat gempa (Sembiring dkk., 2017, pp.78). Oleh karena itu, banyak bangunan yang menggunakan dinding geser dikarenakan efektivitasnya terhadap beban gempa dan/atau beban angin terutama bangunan yang tinggi.

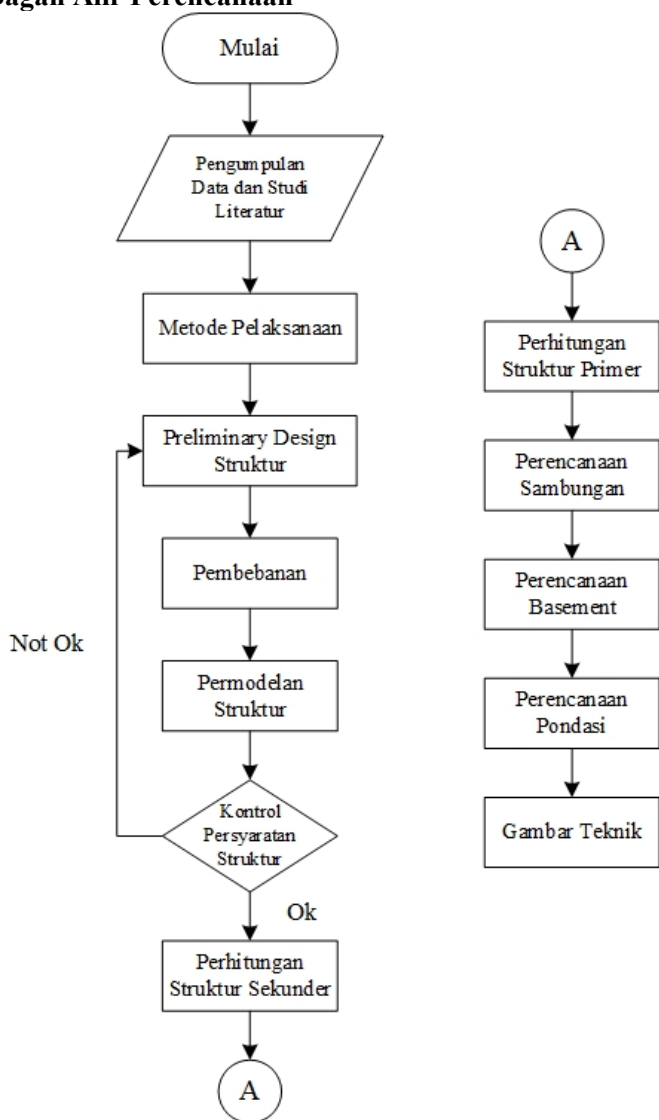
BAB III

METODOLOGI

3.1 Umum

Perencanaan Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka, Jakarta menggunakan metode beton pracetak dan *BubbleDeck* tentunya harus memiliki susunan pengerjaan sesuai dengan urutan kegiatan yang akan dilakukan. Urutan pelaksanaan dimulai dari pengumpulan data sampai gambar teknik pada akhirnya.

3.2 Bagan Alir Perencanaan



Gambar 3. 1. Bagan Alir Perencanaan

3.3 Pengumpulan Data

1. Data Umum

- Nama Gedung : Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka
- Lokasi : JL. Raya Bogor KM. 23 No. 99 Kel. Rambutan Kec. Ciracas, Jakarta Timur 13830
- Fungsi : Gedung Sekolah
- Jumlah Lantai : 9 lantai
- Tinggi Bangunan: 36,52 m
- Struktur Utama : Beton Bertulang

2. Data Bahan

- Kekuatan Tekan Beton (f_c') : -
- Tegangan Leleh Baja (f_y) : -
- Data Tanah : Lampiran

3. Data Gambar

- Gambar Struktur : Lampiran
- Gambar Arsitektur : Lampiran

Bangunan gedung tersebut akan dimodifikasi menggunakan metode beton pracetak dan *BubbleDeck*. Data bangunan yang direncanakan adalah sebagai berikut :

1. Data Umum

- Nama Gedung : Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka
- Lokasi : JL. Raya Bogor KM. 23 No. 99 Kel. Rambutan Kec. Ciracas, Jakarta Timur 13830
- Fungsi : Gedung Sekolah
- Jumlah Lantai : 10 Lantai dan Basement
- Tinggi Bangunan: 42,20 m
- Struktur Utama : Beton Pracetak

2. Data Bahan

- Kekuatan Tekan Beton (f_c') : 40 MPa
- Tegangan Leleh Baja (f_y) : 400 MPa
- Data Tanah : Lampiran

3. Data Gambar

- Gambar Struktur : Lampiran
- Gambar Arsitektur : Lampiran

Beberapa literatur serta peraturan gedung yang dipakai antara lain :

1. Badan Standarisasi Nasional. 2013. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013).
2. Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012).

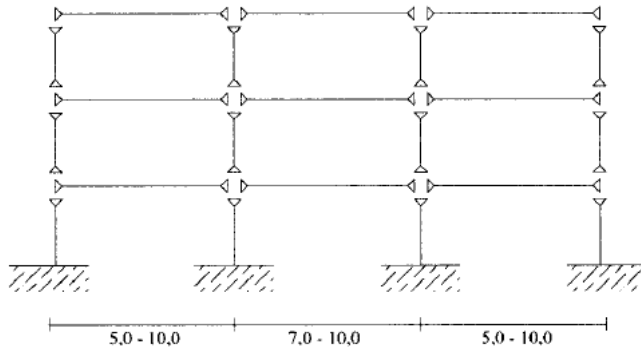
3. Badan Standarisasi Nasional. 2012. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 03-1727-2013).
4. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. 1983. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983.
5. PCI Handbook 6th Edition. Precast and Prestress Concrete.
6. ACI 318M-14. Building Code Requirements for Structural Concrete .

3.4 Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan merupakan komponen penting yang tidak bisa dipisahkan dalam desain struktur pracetak. Sebelum direncanakan, harus terlebih dahulu diketahui apakah struktur yang nantinya dibangun bisa direalisasikan. Metode pelaksanaan ini merupakan uraian mengenai sistem yang dipakai dan proses pelaksanaan beton pracetak mulai dari proses transportasi hingga proses pemasangan.

3.4.1 Sistem Struktur

Sistem struktur yang digunakan adalah sistem struktur rangka dengan kolom sambungan, dimana sambungan antar kolom diletakkan di setiap lantai. Sistem struktur ini sesuai untuk bangunan gedung dengan ketinggian antara 10 meter sampai 60 meter.



Gambar 3. 2. Sistem Struktur Rangka dengan Kolom Sambungan Setiap Lantai

3.4.2 Sistem Transportasi

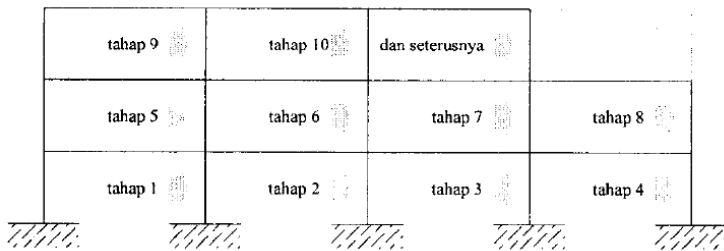
Sistem transportasi disini meliputi :

- Pemindahan beton pracetak di area pabrik.
- Pemindahan dari pabrik ke tempat penampungan di proyek.
- Pemindahan dari penampungan sementara di proyek ke posisi akhir.

Tahap pemindahan komponen beton pracetak dari lokasi pabrikasi ke area proyek diperlukan sarana angkut seperti truk tunggal, tandem, atau temple. Peralatan yang digunakan untuk memindahkan komponen pracetak dari mode transportasi ke *stock yard* adalah *tower crane*.

3.4.3 Metode Erection

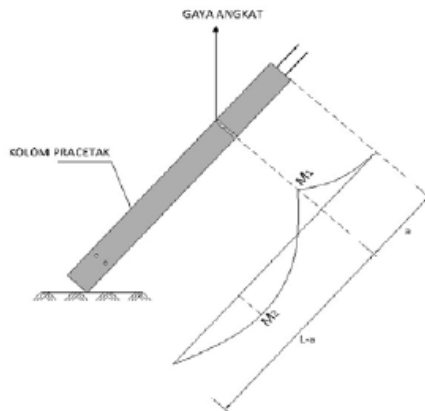
Metode erection merupakan proses penyatuan komponen beton pracetak menjadi satu kesatuan bangunan yang utuh. Metode yang dapat digunakan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu metode vertikal dan metode horizontal. Dalam tugas akhir ini, digunakan metode horizontal. Metode horizontal adalah proses *erection* yang pelaksanaannya tiap satu lantai (arah horizontal bangunan).



Gambar 3. 3. Metode *Erection Horizontal*

3.4.4 Pengangkatan Elemen Pracetak

Hal yang harus diperhatikan saat mengangkat kolom pracetak ialah saat kolom pracetak dalam kondisi miring, hal tersebut menyebabkan momen pada bentang kolom.



Gambar 3. 4. Pengangkatan Kolom Pracetak

3.5 Preliminary Design Struktur

Dalam tahap ini, diperkirakan desain awal, mutu, dan dimensi material yang akan digunakan untuk tahapan perencanaan selanjutnya.

3.5.1 Perencanaan Dimensi Pelat

Tebal minimum ditentukan berdasarkan Pasal 9.5.3.2 SNI 2847-2013 sebagai berikut :

Tabel 3. 1. Perbandingan L/d untuk *BubbleDeck*

Tegangan leleh, f_y MPa [†]	Tanpa penebalan [‡]			Dengan penebalan [‡]		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir [§]		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir [§]	
280	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 40$	$\ell_n / 40$
420	$\ell_n / 30$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$
520	$\ell_n / 28$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 34$	$\ell_n / 34$
[*] Untuk konstruksi dua arah, ℓ_n adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain. [†] Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier. [‡] Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5. [§] Pelat dengan balok di antara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.						

Dimana :
 ℓ_n = Panjang Bentang Bersih

3.5.2 Perencanaan Dimensi Kolom

Untuk perencanaan awal dari dimensi kolom, dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$A = \frac{W}{\phi \times f'c}$$
 (3-1)

Dimana :

- A = Luas Penampang Kolom
- W = Beban Aksial yang diterima Kolom
- $f'c$ = Kuat Tekan Beton Karakteristik

3.6 Pembebanan

Beban yang bekerja pada suatu struktur ada beberapa jenis menurut karakteristik, yaitu beban statis dan dinamis.

3.6.1 Beban Statis

Beban statis adalah beban yang bekerja secara terus menerus pada struktur dan mempunyai sifat tetap.

a. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya

Tabel 3. 2. Beban Mati Berdasarkan PPIUG 1983

Beban Mati	Beban (kg/m ²)
Beton Bertulang	2400
Dinding pasangan bata ringan Hebel 60 x 20 x 10	65
Tegel	24
Spesi per cm tebal	21
Ducting + plumbing	30

b. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan.

Tabel 3. 3. Beban Hidup Berdasarkan SNI 1727:2013

Penggunaan	Beban (kN/m ²)
------------	----------------------------

Kantor	2,4
Ruang kelas	1,92
Koridor lantai pertama	4,79
Koridor di atas lantai pertama	3,83
Atap	0,96

3.6.2 Beban Dinamis

Beban dinamis terdiri dari beban gempa dan beban angin.

a. Beban Gempa

Perencanaan beban gempa pada struktur menggunakan metode diafragma, di mana pengaruh pada struktur dibebankan langsung ke pusat massa bangunan (*center of mass*). Gaya gempa lateral yang diakibatkan oleh gempa didapatkan dengan mengalikan berat gedung dengan faktor-faktor modifikasi yang telah dihitung sesuai SNI 1726:2012. Analisa beban gempa meliputi :

- Penentuan Respon Spektrum
Menentukan S_{DS} , S_{D1} , T_0 , dan T_s sesuai SNI 1726:2012. Nilai-nilai ini bergantung dari lokasi struktur yang sedang ditinjau. Lalu, menggambarkan kurva respon spektrumnya.
- Respon Seismik (C_s)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (3-2)$$

(Pasal 7.8.1.1 SNI 1726:2012)

Dimana :

S_{DS} = Percepatan spektrum respons desain dalam rentan periode pendek

R = Faktor modifikasi respons

I_e = Faktor keutamaan hunian

Dengan nilai C_s tidak lebih dari :

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)} \quad (3-3)$$

(Pasal 7.8.1.1 SNI 1726:2012)

Dimana :

S_{D1} = Percepatan spektrum respons desain dalam rentan periode 1 detik

T = Periode

R = Faktor modifikasi respons

I = Faktor keutamaan hunian

- Gaya Gempa Lateral

$$F_x = C_{vx} \times W \quad (3-4)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3-5)$$

(Pasal 7.8.3 SNI 1726:2012)

Dimana :

F_x = Gaya gempa lateral (kN)

W = Berat seismik efektif total struktur (kN)

w_i dan w_x = Bagian berat seismik efektif total struktur yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x

h_i dan h_x = Tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x (m)

k = eksponen terkait dengan periode struktur sebagai berikut:

untuk struktur yang mempunyai periode sebesar 0,5 detik atau kurang, maka $k=1$

untuk struktur yang mempunyai peioda sebesar 2,5 detik atau lebih, maka $k=2$

untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, maka k harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

b. Beban Angin

Berdasarkan berdasarkan SNI 1727 – 2013 Pasal 27.2.1

Parameter beban angin yang harus diperhitungkan adalah sebagai berikut :

- Kecepatan angin dasar, V (Pasal 26.5)
- Faktor arah angin, K_0 (Pasal 26.6)
- Kategori eksposur (Pasal 26.7)
- Faktor topografi, K_{zt} (Pasal 26.8)
- Faktor efek tiupan angin (Pasal 26.9)
- Klasifikasi ketertutupan (Pasal 26.10)
- Koefisien tekanan internal (Pasal 26.11)

3.6.3 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.2.1 yaitu :

- a. $U = 1,4 D$
- b. $U = 1,2 D + 1,6 L$
- c. $U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E$
- d. $U = 1,0 D + 1,0 L$
- e. $U = 0,9 D \pm 1,0 E$

Dimana :

U = Beban Ultimate

D = Beban mati

L = Beban hidup

E = Beban gempa

3.7 Permodelan Struktur

Permodelan struktur menggunakan program bantu ETABS/SAP 2000 untuk mendapatkan gaya dalam yang bekerja

pada struktur. *BubbleDeck* sendiri tidak bisa dianalisa seperti pelat biasa. *BubbleDeck* terlebih dahulu dimodelkan seperti *flat slab* di ETABS/SAP2000, lalu memasukkan nilai faktor modifikasi berat dan kekakuan yang didapatkan dengan membandingkan berat dan kekakuan *BubbleDeck* dengan *solid slab*. Model harus memenuhi tahap kontrol permodelan struktur agar permodelan dapat digunakan untuk perhitungan.

3.8 Kontrol Persyaratan Struktur

3.8.1 Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1, analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 persen dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

3.8.2 Kontrol Periode Fundamental Struktur

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.8.2, periode fundamental struktur, T , dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur, T , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dari tabel 14 pada SNI 1726:2012 dan periode fundamental pendekatan, T_a , yang ditentukan sesuai dengan pasal 7.8.2.1 SNI 1726:2012. Sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur, T , diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan, T_a , yang dihitung sesuai dengan pasal 7.8.2.1 SNI 1726:2012. Oleh karena itu, $T_a < T < C_u \times T_a$.

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad (3-6)$$

(SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2.1)

Di mana :

h_n = Ketinggian struktur (m)

$C_t = 0,0466$ (Koefisien yang ditentukan dari Tabel 15 pada SNI 1726:2012)

$x = 0,9$ (Koefisien yang ditentukan dari Tabel 15 pada SNI 1726:2012)

Tabel 3. 4. Koefisien C_u

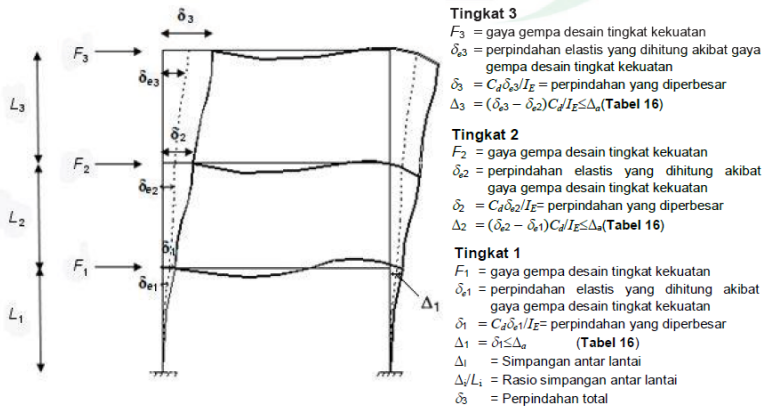
S_{DI}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

3.8.3 Kontrol Skala Gaya Dinamis

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1, bila perioda fundamental yang dihitung melebihi $C_u T_a$, maka $C_u T_a$ harus digunakan sebagai pengganti arah dari T dalam arah itu. Kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V_t) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan $0,85(V/V_t)$.

3.8.4 Kontrol *Drift*

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.8.6, Penentuan Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa terletak tidak segaris dalam arah vertikal, diijinkan untuk menghitung defleksi di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya. Jika desain tegangan ijin digunakan, Δ defleksi harus dihitung menggunakan gaya gempa tingkat kekuatan yang ditetapkan tanpa reduksi untuk desain tegangan ijin.



Gambar 3. 5. Perhitungan Simpangan Antar Lantai

3.9 Perencanaan Struktur Sekunder

3.9.1 Tangga

Perencanaan desain awal tangga adalah mencari lebar dan tinggi injakan dari anak tangga, dan memenuhi persyaratan berikut :

$$60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 65 \text{ cm}$$

Di mana :

t = Tinggi Injakan

i = Lebar Injakan

Perhitungan penulangan pelat bordes dan tangga sama dengan perhitungan penulangan pelat biasa dengan anggapan tumpuan sederhana (sendi dan rol).

3.9.2 Lift

Perencanaan lift disesuaikan dengan jumlah lantai dan perkiraan jumlah penggunaan lift. Perhitungan dilakukan dengan analisis terhadap konstruksi ruang tempat lift dan balok penggantung katrol lift sehingga perencanaan meliputi balok penumpu depan dan penumpu belakang.

3.10 Perencanaan Struktur Primer

3.10.1 Pelat

Perencanaan tulangan dari *BubbleDeck* hampir sama dengan perencanaan penulangan balok pada umumnya, dengan menghitung tulangan per 1 meter lebar pelat ($b = 1 \text{ m}$). Untuk menghitung tulangan pelat, sebelumnya diperlukan nilai dari momen maksimum yang terjadi pada pelat yang didapatkan dari permodelan struktur sebelumnya.

3.10.2 Kolom

Penulangan pada kolom menggunakan program bantu SPColumn / PCACOL. Gaya yang telah didapatkan dari program bantu SAP2000 / ETABS dijadikan input pada program bantu SPColumn / PCACOL. Penulangan pada kolom harus sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.2 termasuk persyaratan *Strong Column Weak Beam* pada pasal 21.6.2.2.

3.10.3 Dinding Geser

Menurut SNI 2847:2013, desain penampang yang dikenai geser harus didasarkan pada :

$$\phi V_n \geq V_u$$

Dimana :

$$V_n = V_c + V_s = 0,83x\sqrt{f'c}xhxd \quad (3-7)$$

V_c = nilai terkecil dari :

$$V_c = 0,27 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot h \cdot d + \frac{Nu \cdot d}{4lw}, \text{ atau} \quad (3-8)$$

$$V_c = [0,05 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} + \frac{lw(0,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} + 0,2 \cdot \frac{Nu}{lw \cdot h})}{\frac{Mu}{Vu} \cdot \frac{lw}{2}}] \quad (3-9)$$

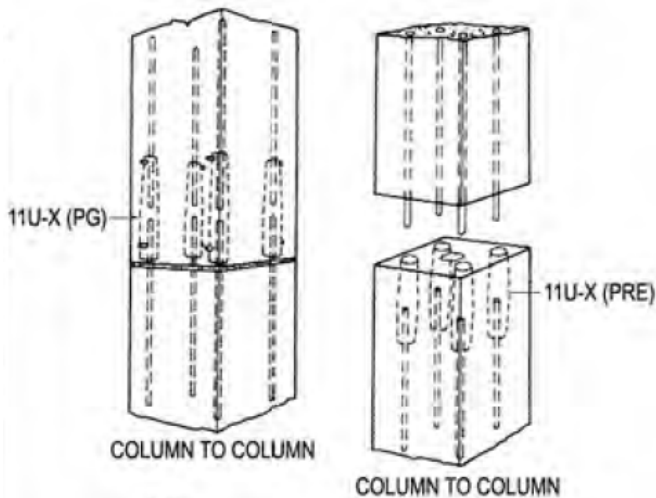
$$V_s = \frac{Av \cdot x \cdot fy \cdot x \cdot d}{s} \quad (3-10)$$

Penulangan horizontal dan vertikal dinding geser dihitung dengan mengacu pada SNI 2847:2013 Pasal 11.9.

3.11 Perencanaan Sambungan

3.11.1 Sambungan *Base Plate* – Kolom dan Kolom – Kolom

Metode sambungan menggunakan produk coupler sleeve dari NMB Splice Sleeve. Setelah dilakukan pemancangan, tulangan kolom dipasang bersamaan dengan pengecoran *pile cap*. Pada sambungan antar kolom dengan dimensi berbeda hampir sama dengan sambungan antar kolom dengan dimensi yang sama, hanya saja pada tulangan panjang penyaluran pada kondisi ini lebih dilakukan penyesuaian terhadap lubang kolom yang berada di atasnya.



Gambar 3. 6. Ilustrasi Sambungan Kolom-Kolom

3.12 Perencanaan Basement

Dalam perencanaan *basement* pada Tugas Akhir ini, *basement* tidak menerima langsung tekanan tanah dan air secara. Penulangan dinding dan pelat lantai *basement* dihitung sesuai dengan yang telah diatur dalam SNI 2847:2013.

3.13 Perencanaan Pondasi

Dalam merencanakan pondasi, diperlukan hasil perhitungan total beban struktur atas. Beban tersebut menjadi data awal dalam merencanakan jumlah tiang pancang yang akan dipakai. Secara detail, tahapan perencanaan pondasi adalah sebagai berikut :

- Menghitung total beban dari struktur atas,
- Mencari daya dukung tanah,
- Menentukan jumlah tiang pancang dan efisiensi dari pondasi grup tiang pancang,
- Merencanakan pile cap.

3.14 Gambar Teknik

Penggambaran permodelan dan hasil analisa struktur menggunakan program bantu AutoCAD.

3.15 Jadwal Kegiatan

Perencanaan jadwal kegiatan agar adanya acuan waktu untuk mengerjakan Tugas Akhir sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan sebelumnya.

Tabel 3. 5. Jadwal Kegiatan Tugas Akhir

Kegiatan	September				Oktober				November				Desember			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengumpulan data dan Studi Literatur	■	■														
Metode Pelaksanaan	■	■	■													
Preliminary Design Struktur			■	■												
Pembebanan			■	■	■	■										
Permodelan Struktur					■	■	■	■								
Kontrol Permodelan Struktur					■	■	■	■								
Perhitungan Struktur Sekunder										■	■	■				
Perhitungan Struktur Primer										■	■	■				
Perencanaan Sambungan											■	■	■	■		
Perencanaan Pondasi											■	■	■	■		
Gambar Teknik										■	■	■	■	■	■	

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Data Perencanaan

4.1.1 Data Gedung

Perencanaan Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka (UHAMKA) menggunakan sisten *BubbleDeck* dan Pracetak. Data bangunan yang akan digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir yaitu :

- Tipe Bangunan : Gedung Sekolah
- Lokasi : Jakarta
- Ketinggian Lantai
 - Basement : 4 m
 - Ground Floor : 4 m
 - Lantai 1 – 10 : 4 m
- Tinggi Total Bangunan : ± 44 m
- Mutu Beton ($f'c$) : 40 MPa
- Mutu Baja (f_y) : 400 MPa
- Data Tanah : Terlampir
- Data Gambar : Terlampir

4.1.2 Pembebanan

a) Beban Gravitasi

- Beban Mati
 - Beton bertulang : 2400 kg/m²
 - Dinding pasangan bata ringan
 - Hebel 60 x 20 x 10 : 65 kg/m²
 - Plafon + penggantung : 18 kg/m²
 - Tegel : 24 kg/m²
 - Spesi per cm tebal : 21 kg/m²
 - Aspal : 14 kg/m²
 - Ducting + Plumbing : 30 kg/m²
- Beban Hidup
 - Lantai Atap : 96 Kg/m²
 - Lantai Sekolah : 192 Kg/m²

- Lantai Basement : 192 Kg/m²

b) Beban Gempa

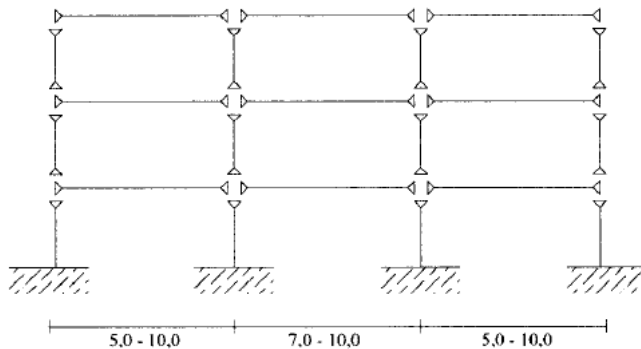
Perencanaan dan perhitungan struktur terhadap gempa berdasarkan SNI 1726:2012

4.2 Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan merupakan hal yang sangat penting dan tak dapat dipisahkan dalam desain struktur pracetak. Metode pelaksanaan merupakan uraian mengenai komponen dan material-material pendukung yang digunakan dalam pelaksanaan metode beton pracetak.

4.2.1 Sistem Struktur

Sistem struktur yang digunakan adalah sistem struktur rangka dengan kolom sambungan, dimana sambungan antar kolom diletakkan di setiap lantai. Sistem struktur ini sesuai untuk bangunan gedung dengan ketinggian antara 10 meter sampai 60 meter.



Gambar 4. 1. Sistem Struktur yang digunakan

4.2.2 Sistem Transportasi

Sistem transportasi disini meliputi :

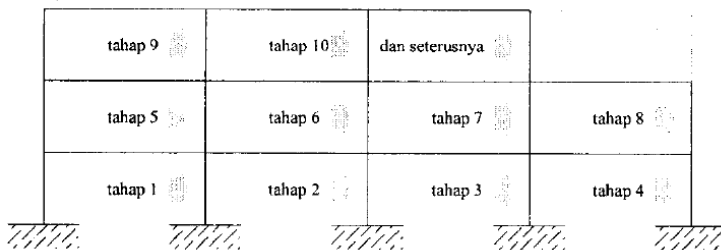
- a. Pemindahan beton pracetak di area pabrik.

- b. Pemindahan dari pabrik ke tempat penampungan di proyek.
- c. Pemindahan dari penampungan sementara di proyek ke posisi akhir.

Tahap pemindahan komponen beton pracetak dari lokasi pabrikasi ke area proyek diperlukan sarana angkut seperti truk tunggal, tandem, atau temple. Truk yang biasa digunakan untuk pengangkutan berukuran lebar 2,4m x 16m atau 2,4m x 18m. Peralatan yang digunakan untuk memindahkan komponen pracetak dari mode transportasi ke *stock yard* adalah *tower crane*.

4.2.3 Metode Erection

Metode erection merupakan proses penyatuan komponen beton pracetak menjadi satu kesatuan bangunan yang utuh. Metode yang dapat digunakan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu metode vertikal dan metode horizontal. Dalam tugas akhir ini, digunakan metode horizontal. Metode horizontal adalah proses *erection* yang pelaksanaannya tiap satu lantai (arah horizontal bangunan).



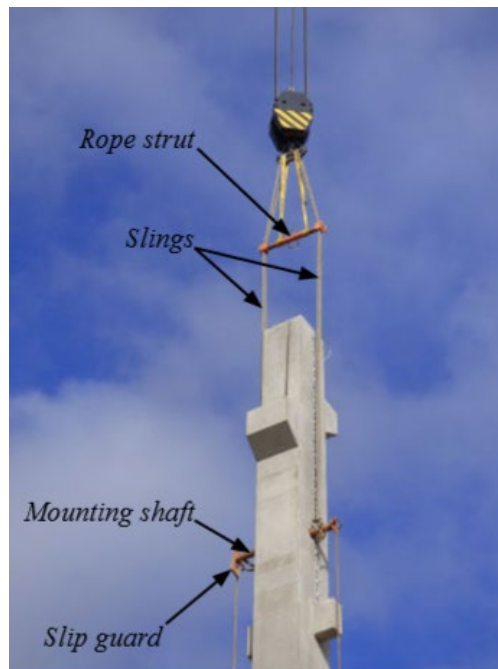
Gambar 4. 2. Metode Erection Horizontal

4.2.4 Pengangkatan Elemen Pracetak

Pengangkatan elemen pracetak menggunakan metode *Colift Mounting System* dari *Peikko*. Metode tersebut digunakan karena mudah untuk diaplikasikan di lapangan. Untuk menggunakan metode ini, terlebih dahulu elemen precast dilubangi dan akan dipasang *Mounting Shaft* yang kemudian diangkat

dengan sling dengan menggunakan Tower Crane. Dimensi terbesar kolom adalah 700x700mm dengan tinggi 4 m (4,7 ton), sehingga menggunakan tower crane jenis Potain MR 90C dengan beban maksimum 8 ton dan radius maksimum 45m.

Berikut merupakan ilustrasi pengangkatan elemen pracetak menggunakan metode ini:



Gambar 4. 3. Ilustrasi Pengangkatan Elemen Pracetak

4.3 Perencanaan Struktur Sekunder

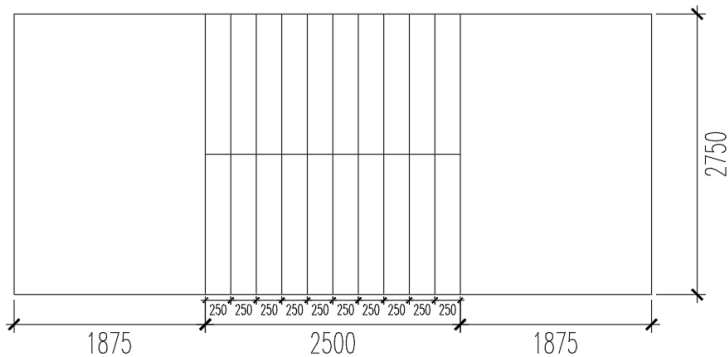
4.3.1 Perencanaan Tangga

4.3.1.1 Data Perencanaan

- Tinggi : 400 cm
- Tinggi Injakan (t) : 20 cm

- Lebar Injakan (i) : 25 cm
- Lebar Tangga : 137,5 cm
- Tebal Pelat Tangga : 15 cm
- Jumlah Tanjakan : 20 buah
- Jumlah Injakan : $14 - 1 = 19$ buah
- Elevasi Bordes : 200 cm
- Panjang Bordes : 275 cm
- Lebar Bordes : 187,5 cm
- Tebal Bordes : 12 cm
- Panjang Horizontal Tangga : 250 cm
- Kemiringan Tangga : $\arctan \alpha \frac{200}{250} = 38,66^\circ$

Denah tangga yang direncanakan adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 4. Denah Tangga

Cek Syarat

$$- 60 \leq (2t+i) \leq 65$$

$$60 \leq (2 \times 20 + 25) \leq 65$$

$$60 \leq 65 \leq 65 \text{ (OK)}$$

$$- \quad 25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

$$25^\circ \leq 38,66^\circ \leq 40^\circ \text{ (OK)}$$

- Tebal Pelat anak tangga rata-rata

$$\frac{i}{2} x \sin \alpha = 7,81$$

- Tebal Pelat rata-rata

$$Tr = 15 + 7,81 \approx 23 \text{ cm}$$

4.3.1.2 Pembebanan Tangga dan Bordes

4.3.1.2.1 Pembebanan Pelat Tangga

- Beban Mati

$$\text{Pelat tangga} \quad : \frac{0,23 \times 2400 \times 1}{\cos 38,66} = 706,9 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel} \quad : 24 \times 1 = 24 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi 2 cm} \quad : 21 \times 2 \times 1 = 42 \text{ kg/m}$$

$$\text{Sandaran/railing} \quad : 50 \text{ kg/m}$$

$$\text{qd} \quad : 822,9 \text{ kg/m}$$

- Beban Hidup

$$\text{ql} \quad : 479 \text{ kg/m}$$

- Kombinasi

$$q \quad : 1,2 \text{ qd} + 1,6 \text{ ql}$$

$$: 1753,89 \text{ kg/m}$$

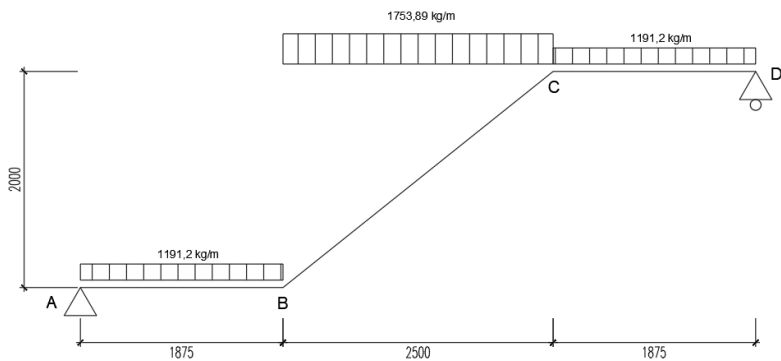
4.3.1.2.2 Pembebanan Pelat Bordes

- Beban Mati

Pelat tangga	: $0,12 \times 2400 \times 1 = 288 \text{ kg/m}$
Tegel	: $24 \times 1 = 24 \text{ kg/m}$
Spesi 2 cm	: $21 \times 2 \times 1 = 42 \text{ kg/m}$
qd	: 354 kg/m
➤ Beban Hidup	
ql	: 479 kg/m
➤ Kombinasi	
q	: $1,2 \text{ qd} + 1,6 \text{ ql}$
	: $1191,2 \text{ kg/m}$

4.3.1.3 Perhitungan Gaya pada Tangga

Pada proses analisa struktur tangga, perhitungan dengan menggunakan mekanika teknik statis dengan permisalan sendi-rol, dengan pembebanan tangga dan output seperti berikut :



Gambar 4. 5. Permodelan Tangga

4.3.1.3.1 Perhitungan Reaksi

$$- \sum M_a = 0$$

$$R_d \cdot 6,25 - q_{\text{bordes}} \cdot 0,5 \cdot 1,875^2 - q_{\text{tangga}} \cdot 2,5 \cdot (2,5/2 + 1,875) - q_{\text{bordes}} \cdot 1,875 \cdot (1,875/2 + 2,5 + 1,875) = 0$$

$$R_d = 4425,86 \text{ kg}$$

$$- \sum M_d = 0$$

$$R_a \cdot 6,25 - q_{\text{bordes}} \cdot 0,5 \cdot 1,875^2 - q_{\text{tangga}} \cdot 2,5 \cdot (2,5/2 + 1,875) - q_{\text{bordes}} \cdot 1,875 \cdot (1,875/2 + 2,5 + 1,875) = 0$$

$$R_a = 4425,86 \text{ kg}$$

4.3.1.3.2 Perhitungan Gaya Dalam

➤ Gaya Normal

- Pada Bordes A-B

$$N = 0 \text{ kg}$$

- Pada Tangga B-C

$$N = (-R_a + q_{\text{bordes}} \cdot 1,875 + q_{\text{tangga}} \cdot X) \times \sin \alpha$$

$$X = 0 \text{ m}$$

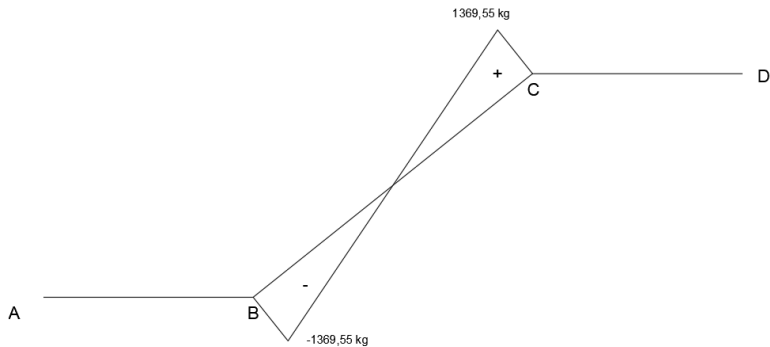
$$N_{b \text{ kanan}} = -1369,55 \text{ kg}$$

$$X = 2,5 \text{ m}$$

$$N_{c \text{ kiri}} = 1369,55 \text{ kg}$$

- Pada Bordes C-D

$$N = 0 \text{ kg}$$



Gambar 4. 6. Bidang N pada Tangga

➤ Gaya Lintang

- Pada Bordes A-B

$$D_x = R_a - q_{\text{bordes}} \cdot X$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$D_a = 4425,86 \text{ kg}$$

$$X = 1,875 \text{ m}$$

$$D_{\text{b kiri}} = 2192,36 \text{ kg}$$

- Pada Tangga B-C

$$D_x = (R_a - q_{\text{bordes}} \cdot 1,875 - q_{\text{tangga}} \cdot X) \times \cos \alpha$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$D_{\text{b kanan}} = 1711,94 \text{ kg}$$

$$X = 2,5 \text{ m}$$

$$D_{\text{b kiri}} = -1711,94 \text{ kg}$$

- Pada Bordes C-D

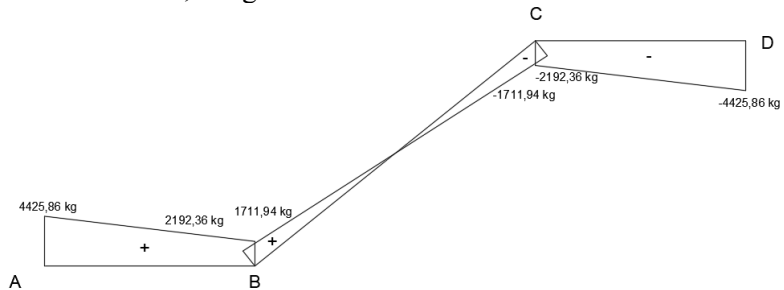
$$D_x = -R_d + q_{\text{bordes}} \cdot X$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$D_d = -4425,86 \text{ kg}$$

$$X = 1,875 \text{ m}$$

$$D_c \text{ kanan} = -2192,36 \text{ kg}$$



Gambar 4. 7. Bidang D pada Tangga

➤ Gaya Momen

- Pada Bordes A-B

$$M_x = R_a \cdot X - 1/2 \cdot q_{\text{bordes}} \cdot X^2$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$M_a = 0 \text{ kgm}$$

$$X = 1,875 \text{ m}$$

$$M_{b \text{ kiri}} = 6204,58 \text{ kgm}$$

- Pada Tangga B-C

$$M_x = R_a \cdot 1,875 - 1/2 \cdot q_{\text{bordes}} \cdot 1,875^2 - 1/2 \cdot q_{\text{tangga}} \cdot X^2$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$M_{b \text{ kanan}} = 6204,58 \text{ kgm}$$

$$X = 2,5 \text{ m}$$

$$M_{c \text{ kiri}} = 6204,58 \text{ kgm}$$

- Pada Bordes C-D

$$M_x = R_d \cdot X - 1/2 \cdot q_{\text{bordes}} \cdot X^2$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$M_d = 0 \text{ kgm}$$

$$X = 1,875 \text{ m}$$

$$M_{c \text{ kanan}} = 6204,58 \text{ kgm}$$

Pada tangga momen maksimum terjadi pada saat :

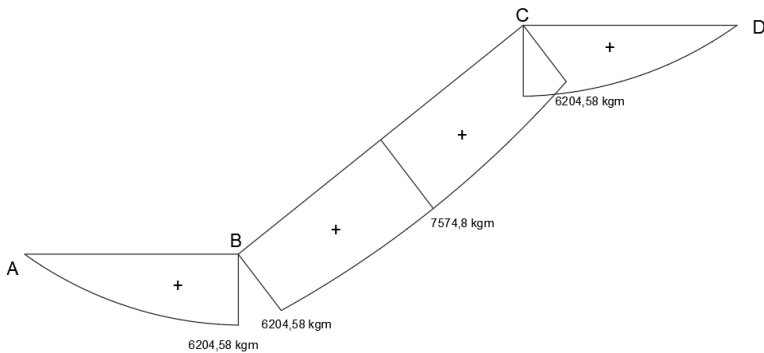
$D = 0$ (Pada Tangga B-C)

$$0 = (R_a - q_{\text{bordes}} \cdot 1,875 - q_{\text{tangga}} \cdot X) \times \cos \alpha$$

$$X = 1,25 \text{ m}$$

$$M_{\text{max}} = R_a \cdot 1,875 - 1/2 \cdot q_{\text{bordes}} \cdot 1,875^2 - 1/2 \cdot q_{\text{tangga}} \cdot X^2$$

$$M_{\text{max}} = 7574,8 \text{ kgm}$$



Gambar 4. 8. Bidang M pada Tangga

4.3.1.4 Perhitungan Penulangan

4.3.1.4.1 Penulangan Pelat Tangga

- Data Perencanaan
 - f_c' : 40 Mpa
 - f_y : 400 Mpa
 - Tulangan (D) : D 16
 - d_x : $t_{\text{tangga}} - \text{cover} - (D/2)$
: $150 - 20 - (16/2)$
: 122 mm
 - ρ_{min} : 0,00395

$$\begin{aligned}
 - \beta_1 &: 0,85 - 0,05 \frac{(F_{c'} - 28)}{7} \\
 &: 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} \\
 &: 0,764 \\
 - \rho_b &: \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &: \frac{0,85 \times 0,764 \times f_{c'}}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &: 0,039 \\
 - \rho_{\max} &: 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,039 = 0,02922 \\
 - m &: \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764
 \end{aligned}$$

➤ Penulangan Lentur

$$M_n = 84164441 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{84164441}{0,9 \times 1000 \times 122^2} = 5,65 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{11,764} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 5,65}{400}} \right) \\
 &= 0,0155 \text{ (dipakai)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As Perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0155 \times 1000 \times 122 \\
 &= 1898,458 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As (D16)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \\
 &= 201,12 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As Perlu}}{\text{As (D16)}} \\
 &= \frac{1898,458 \text{ mm}^2}{201,12 \text{ mm}^2}
 \end{aligned}$$

$$\approx 10 \text{ buah}$$

$$S = \frac{1000}{10} = 100 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan Tulangan Lentur D16-90mm (disamakan dengan tulangan lentur bordes)

$$\begin{aligned} \text{As Pakai} &= n \text{ pakai} \times \text{As (D 16)} \\ &= 10 \times 201,12 \\ &= 2011,42 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As Tulangan Bagi} &= 20 \% \times \text{As pakai} \\ &= 20\% \times 2011,42 \\ &= 402,285 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As (D 10)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 78,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ tulangan} &= \frac{\text{As Tulangan Bagi}}{\text{As (D10)}} \\ &= \frac{402,285}{78,57} \\ &= 6 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S \text{ tulangan} &= \frac{1000}{6} \\ &= 166,67 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga Digunakan D10-150mm

➤ Penulangan Susut

$$\rho \text{ min} = 0.0018$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b_w \times d \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 122 \\ &= 219,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s (D 10) &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\
 &= 78,57 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ Tulangan} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s (D 10)} \\
 &= \frac{219,6 \text{ mm}^2}{78,57 \text{ mm}^2} \\
 &= 3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{1000}{3} \\
 &= 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga Digunakan D10-300mm

4.3.1.4.2 Penulangan Pelat Bordes

➤ Data Perencanaan

$$\begin{aligned}
 - f_c' &: 40 \text{ Mpa} \\
 - f_y &: 400 \text{ Mpa} \\
 - \text{Tulangan (D)} &: D 16 \\
 - dx &: t_{\text{bordes}} - \text{cover} - (D/2) \\
 &: 120 - 20 - (16/2) \\
 &: 92 \text{ mm} \\
 - \rho_{\min} &: 0,00395 \\
 - \beta_1 &: 0,85 - 0,05 \frac{(f_c' - 28)}{7} \\
 &: 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} \\
 &: 0,764 \\
 - \rho_b &: \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &: \frac{0,85 \times 0,764 \times f_c}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &: 0,039 \\
 - \rho_{\max} &: 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,039 = 0,02922 \\
 - m &: \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764
 \end{aligned}$$

➤ Penulangan Lentur

$$M_n = 67629882 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{35454720000}{0.9 \times 1000 \times 92^2} = 7,99 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,764} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 7,99}{400}} \right) \\ &= 0,02312 \text{ (dipakai)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,02312 \times 1000 \times 92 \\ &= 2127,048 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As (D16)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \\ &= 201,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As Perlu}}{\text{As (D16)}} \\ &= \frac{2127,048 \text{ mm}^2}{201,12 \text{ mm}^2} \\ &\approx 11 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$S = \frac{1000}{11} = 90,9 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan Tulangan Lentur D16-90mm

$$\begin{aligned} \text{As Pakai} &= n \text{ pakai} \times \text{As (D 16)} \\ &= 11 \times 201,12 \\ &= 2212,571 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As Tulangan Bagi} &= 20 \% \times \text{As pakai} \\ &= 20\% \times 2212,571 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 442,514 \text{ mm}^2 \\
 \text{As (D 10)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\
 &= 78,57 \text{ mm}^2 \\
 \text{n tulangan} &= \frac{\text{As Tulangan Bagi}}{\text{As (D10)}} \\
 &= \frac{442,514}{78.57} \\
 &= 6 \text{ buah} \\
 \text{S tulangan} &= \frac{1000}{6} \\
 &= 166,67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga Digunakan D10-150mm

➤ Penulangan Susut

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ min} &= 0.0018 \\
 \text{As perlu} &= \rho \times b_w \times d \\
 &= 0,0018 \times 1000 \times 92 \\
 &= 165,6 \text{ mm}^2 \\
 \text{As (D 10)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\
 &= 78,57 \text{ mm}^2 \\
 \text{n Tulangan} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As (D 10)}} \\
 &= \frac{165,6 \text{ mm}^2}{78.57 \text{ mm}^2} \\
 &= 3 \\
 \text{S} &= \frac{1000}{3} \\
 &= 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga Digunakan D10-300mm

Tabel 4. 1 menunjukkan rekapitulasi hasil perhitungan penulangan tangga :

Tabel 4. 1. Rekapitulasi Penulangan Tangga

	Tulangan		
	Lentur	Bagi	Susut
Pelat Tangga	D16-90	D10-150	D10-300
Pelat Bordes	D16-90	D10-150	D10-300

4.3.2 Perhitungan Balok Bordes

4.3.2.1 Perencanaan Dimensi Balok Bordes

$$h = \frac{1}{16} \times L = \frac{1}{16} \times 275 = 17,18 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times h = \frac{2}{3} \times 30 = 20 \text{ cm}$$

Dipakai dimensi balok bordes 20/30 cm

4.3.2.2 Pembebanan Balok Bordes

- Beban Mati (DL)

$$\text{Pelat Bordes} = 2400 \times 1,875 \times 0,12 = 540 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Balok} = 0,2 \times 0,3 \times 2400 = 144 \text{ kg/m}$$

$$q_{DT} = 684 \text{ kg/m}$$

- Beban Hidup(LL)

$$q_{LT} = 479 \times 1,875 = 898,125 \text{ kg/m}$$

- Kombinasi

$$q_u = 1,2(DL) + 1,6(LL)$$

$$q_u = 1,2(684) + 1,6(898,125) = 2257,8 \text{ kg/m}$$

4.3.2.3 Data Perencanaan

- f_c' : 40 Mpa

$$\begin{aligned}
- f_y &: 400 \text{ Mpa} \\
- \text{Tulangan (D)} &: \text{D 16} \\
- dx &: h - \text{cover} - (D/2) \\
&: 300 - 40 - (16/2) \\
&: 252 \text{ mm} \\
- \rho_{\min} &: 0,00395 \\
- \beta_1 &: 0,85 - 0,05 \frac{(f_{c'} - 28)}{7} \\
&: 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} \\
&: 0,764 \\
- \rho_b &: \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
&: \frac{0,85 \times 0,764 \times f_{c'}}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
&: 0,039 \\
- \rho_{\max} &: 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,039 = 0,02922 \\
- m &: \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764
\end{aligned}$$

4.3.2.4 Penulangan Lentur

➤ Tulangan Tumpuan

$$Mu = \frac{1}{12} \times q \times L^2 = \frac{1}{12} \times 2257,8 \times 2,75^2 = 1422,88 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{1422,88 \times 10000}{0,9 \times 200 \times 252^2} = 1,24$$

$$\begin{aligned}
\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
&= \frac{1}{11,764} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 1,24}{400}} \right) \\
&= 0,0031 < \rho_{\min}
\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,00395$$

$$\begin{aligned}
\text{As Perlu} &= \rho \times b \times d \\
&= 0,00395 \times 200 \times 252 \\
&= 199,22 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As (D16)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \\
 &= 201,14 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As Perlu}}{\text{As (D16)}} \\
 &= \frac{199,22 \text{ mm}^2}{201,14 \text{ mm}^2} \\
 &\approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Dipakai 2D16 untuk tulangan tumpuan

➤ Tulangan Lapangan

$$Mu = \frac{1}{24} \times q \times L^2 = \frac{1}{24} \times 2257,8 \times 2,75^2 = 711,44 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{711,44 \times 10000}{0,9 \times 200 \times 252^2} = 0,62$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{11,764} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 0,62}{400}} \right) \\
 &= 0,0015 < \rho_{min}
 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,00395$$

$$\begin{aligned}
 \text{As Perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,00395 \times 200 \times 252 \\
 &= 199,22 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As (D16)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \\
 &= 201,14 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$n \text{ Tulangan} = \frac{\text{As Perlu}}{\text{As (D16)}}$$

$$= \frac{199,22 \text{ mm}^2}{201.14 \text{ mm}^2}$$

$$\approx 2 \text{ buah}$$

Dipakai 2D16 untuk tulangan Lapangan

4.3.2.5 Penulangan Geser

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f'c'} \times bw \times d$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{40} \times 200 \times 252 = 54188,8 \text{ N}$$

$$0.5 \phi \cdot V_c = 0.5 \times 0.6 \times 54188,8 \text{ N}$$

$$= 16256,6 \text{ N}$$

$$V_u = 31044,75 \text{ N}$$

$0,5 \phi V_c < V_u < V_c$ (diperlukan tulangan minimum)

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = 35484,613 \text{ N}$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78.57 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2 \times A_s D10$$

$$A_v = 2 \times 78.57 = 157.14 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \times f_y \times dx}{V_s}$$

$$S = \frac{157.4 \times 400 \times 252}{35484,613} = 446,39 \text{ mm}$$

Dipakai 2D10-400 mm untuk Tulangan Geser

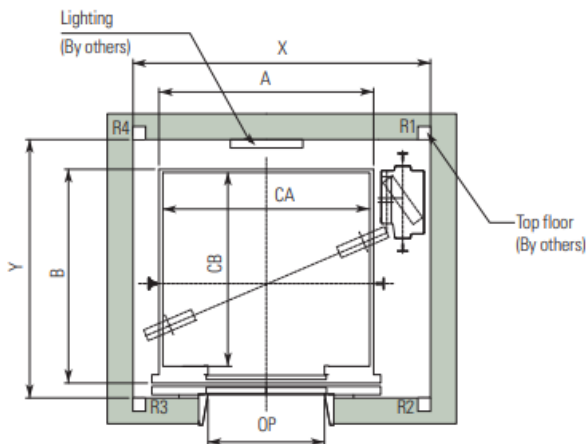
4.3.3 Perhitungan Balok Lift

Pada bangunan ini menggunakan lift penumpang dengan data-data sebagai berikut: (brosur terlampir)

- Tipe lift = Passengers Elevator (Machine-Room-Less Elevator)

– Kapasitas = 27 Orang

Untuk spesifikasi lebih lanjut, akan ditunjukkan oleh Gambar 4. 9 dan 4. 10 :



Gambar 4. 9. Denah Lift

Manufacturer Standard

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening		Car		Hoistway Size		M/C Room Reaction (kg)				Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg		OP	CA × CB	A × B	X	Y		R1	R2	R3	R4	R5	R6
1.0	8	550	2 Panel Center Open	800	1300 x 1100	1340 x 1255	2050	1700	4000	2100	1500	600	7000	1600	
	9	600		800	1300 x 1190	1340 x 1345	2050	1800	4100	2300	1600	600	7300	1600	
	10	700		800	1300 x 1300	1340 x 1455	2050	1800	4500	2300	1700	650	7800	1600	
	11	750		800	1300 x 1400	1340 x 1555	2050	1850	4800	2300	1750	700	8100	1700	
	13	900		900	1600 x 1300	1640 x 1505	2300	1850	5100	2500	1800	750	9200	1900	
	15	1000		900	1600 x 1400	1640 x 1555	2300	1900	5400	2700	1900	800	9800	2000	
1.5	17	1150	2 Panel Center Open	1000	1800 x 1400	1900 x 1570	2400	2100	6300	3400	2100	900	12500	2500	
	20	1350		1000	1800 x 1600	1900 x 1770	2650	2400	7700	4300	2500	1100	13900	3000	
	24	1600		1100	2000 x 1700	2100 x 1870	2900	2450	7900	4600	2600	1200	15200	3200	
	27	1750		1200	2100 x 1750	2200 x 1920	3000	2500	8400	4300	2900	1300	16700	2800	
	30	2000		1200	2100 x 1900	2200 x 2070	3000	2550	9100	4700	3100	1300	19800	3300	
	38	2500		1300	2200 x 2200	2300 x 2370	3300	3000	10300	5200	3300	1600	24000	3700	
2.0	13	900	2 Panel Center Open	900	1600 x 1300	1700 x 1520	2500	2100	5900	3700	1800	900	11200	2300	
	15	1000		900	1600 x 1400	1700 x 1670	2600	2100	6100	3900	2200	900	11800	2500	
	17	1150		1000	1800 x 1400	1900 x 1670	2700	2100	6600	4200	2300	900	14200	2700	
	20	1350		1000	1800 x 1600	1900 x 1870	2700	2400	8200	4600	2600	1200	16500	3100	
	24	1600		1100	2000 x 1700	2100 x 1920	2900	2450	8300	4900	2700	1200	17800	3300	
	13	900		900	1600 x 1350	1700 x 1520	2500	2250	5900	3700	1800	900	11200	2300	
2.5	15	1000	2 Panel Center Open	900	1600 x 1400	1700 x 1670	2600	2250	6100	3900	2200	900	11800	2500	
	17	1150		1000	1800 x 1400	1900 x 1670	2700	2250	6600	4200	2300	900	14200	2700	
	20	1350		1000	1800 x 1600	1900 x 1870	2700	2400	8200	4600	2600	1200	16500	3100	
	24	1600		1100	2000 x 1700	2100 x 1920	2900	2450	8300	4900	2700	1200	17800	3300	

Gambar 4. 10. Spesifikasi Lift

Dikarenakan balok penumpu lift terbaring diatas dinding geser, perhitungan penulangan lentur balok penumpu lift hanya menggunakan ρ_{\min} dan tulangan geser minimum.

4.3.3.1 Data Perencanaan

L	= 6000 mm
F'c	= 40 Mpa
Fy	= 400 Mpa
Tul. lentur (D)	= 16 mm
Tul. sengkang (D)	= 13 mm
B	= 200 mm
H	= 300 mm
Decking	= 40 mm
d	= h – (decking + Øsengkang + ½ Ølentur) = 239 mm
ρ_{\min}	: 0,00395
β_1	: $0,85 - 0,05 \frac{(F'c - 28)}{7}$: $0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7}$: 0,764
ρ_b	: $\frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$: $\frac{0,85 \times 0,764 \times f'c}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$: 0,039
ρ_{\max}	: $0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,039 = 0,02922$
m	: $\frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764$

4.3.3.2 Penulangan Lentur

➤ Tulangan Tumpuan dan Lapangan

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ pakai} &= 0,00395 \\
 \text{As Perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,00395 \times 200 \times 239 \\
 &= 188,9461 \text{ mm}^2 \\
 \text{As (D16)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \\
 &= 201,14 \text{ mm}^2 \\
 \text{n Tulangan} &= \frac{\text{As Perlu}}{\text{As (D16)}} \\
 &= \frac{188,9461 \text{ mm}^2}{201,14 \text{ mm}^2} \\
 &\approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Dipakai 2D16 untuk tulangan tumpuan

4.3.3.3 Penulangan Geser

$$V_{smin} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d = 100771,2 \text{ N}$$

$$As_{D13} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$As_{D13} = \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 = 132,78 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2 \times As_{D10}$$

$$A_v = 2 \times 132,78 = 251,94 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s}$$

$$S = \frac{251,94 \times 400 \times 239}{100771,2} = 251,94 \text{ mm}$$

Digunakan 2D13-250mm untuk tulangan geser.

4.4 Preliminary Design

4.4.1 Preliminary Design Struktur Primer

Desain struktur primer meliputi desain pelat. *drop panel*, kolom serta dinding pendukung (*shearwall*).

4.4.1.1 Pelat

Struktur *BubbleDeck* merupakan struktur *slab* dua arah yang tidak menggunakan balok interior sehingga pelat akan lebih tebal dibandingkan dengan menggunakan balok. SNI-2847-2013 pasal 9.5.3.2 mengatur bahwa tebal minimum pelat pada panel dalam akibat tidak digunakan balok dengan f_y 400 MPa adalah sebesar $1/33$ dari lebar (l_n) pelat itu sendiri, sehingga didapatkan tebal pelat dengan :

$$L_n = 8400 \text{ mm}$$

$$h_{\text{pelat}} = \frac{l_n}{33} = \frac{8400}{33} = 254,5454 \text{ mm}$$

dipakai BD280 untuk Lantai 1-10 ($h = 300 \text{ mm}$) dan BD230 untuk atap ($h = 250 \text{ mm}$)

Version	Slab Thickness	Bubbles	Span (Multiple bays)	Cantilever Maximum Length	Span (Single bays)	Completed Slab Mass	Site Concrete Quantity
	mm	mm	metres	metres	metres	kN/m ²	m ³ /m ²
BD230	230	Ø 180	5 – 8.3	≤ 2.8	5 – 6.5	4.34	0.109
BD280	280	Ø 225	7 – 10.1	≤ 3.3	6 – 7.8	5.17	0.142
BD340	340	Ø 270	9 – 12.5	≤ 4.0	7 – 9.5	6.25	0.186
BD390	390	Ø 315	11 – 14.4	≤ 4.7	9 – 10.9	6.93	0.213
BD450	450	Ø 360	13 – 16.4	≤ 5.4	10 – 12.5	7.94	0.245
BD510 *	510	Ø 410	15 – 18.8	≤ 6.1	11 – 13.9	9.06	0.291
BD600 *	600	Ø 500	16 – 21.0	≤ 7.2	12 – 15.0	10.22	0.338

Gambar 4. 11. Berbagai Jenis Tebal *BubbleDeck*

(Sumber : Brosur *BubbleDeck*)

4.4.1.2 Drop Panel

Drop panel pada struktur *flat slab* berfungsi mengurangi jumlah tulangan momen negatif pada bagian slab datar (*flat slab*) di atas kolom (SNI 2847:2013 pasal 13.3.7). Sehingga dalam desain *drop panel* yang akan digunakan harus mempertimbangkan

hal tersebut. Desain *drop panel* harus memenuhi persyaratan yang terdapat pada SNI-2847-2013 pasal 13.2.5 :

- Menjorok di bawah slab paling sedikit seperempat tebal slab di sebelahnya
- Menerus dalam setiap arah dari garis pusat tumpuan dengan jarak tidak kurang dari seperempat panjang bentang

Sehingga Lebar drop panel :

- Untuk Arah Sumbu X :

$$L.\text{drop panel} \geq \frac{1}{6} L_x$$

$$L.\text{drop panel} \geq \frac{1}{6} \times 8400 = 1400 \text{ mm}$$

- Untuk Arah Sumbu Y :

$$L.\text{drop panel} \geq \frac{1}{6} L_y$$

$$L.\text{drop panel} \geq \frac{1}{6} \times 8400 = 1400 \text{ mm}$$

Digunakan lebar drop panel 1400 mm untuk arah x maupun y sehingga lebar total *drop panel* adalah 2800 mm baik arah x maupun y.

Tebal drop panel adalah sebagai berikut :

$$h.\text{drop panel} \geq \frac{1}{4} h \text{ pelat}$$

$$h.\text{drop panel} \geq \frac{1}{4} \times 300 = 75 \text{ mm}$$

Tebal *drop panel* yang telah didapatkan tidak boleh melebihi persyaratan berikut:

$$h.\text{drop panel} \leq \frac{1}{4} Se$$

Dimana *Se* adalah jarak tepi kolom ekuivalen ke tepi *drop panel*. Untuk dimensi kolom awal untuk perhitungan persyaratan ini

direncanakan 700×700 mm dengan lebar *drop panel* arah x 1400 sehingga didapatkan $Se = 1400 - 0.5 \times 700 = 1050$ mm, maka

$$h_{\text{drop panel}} \leq \frac{1}{4} \times 1050 = 262,5 \text{ mm [OK]}$$

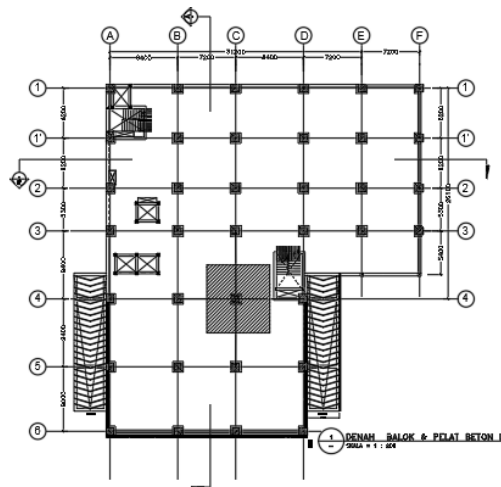
Sehingga tebal drop panel yang digunakan adalah 75 mm.

4.4.1.3 Kolom

Dalam desain kolom, diambil *sample* kolom yang dianggap paling besar menerima beban, dalam hal ini kolom pada lantai dasar karena harus menerima beban lantai 1 sampai lantai atap. Jadi, dimensi kolom sangat berpengaruh terhadap beban yang diterima, semakin berat beban yang dipikul maka semakin besar penampang kolom.

Direncanakan :

- Tebal Pelat = 300 mm
- Luasan Pelat = 7,8 m x 8,4 m



Gambar 4. 12. Kolom Yang Ditinjau

4.4.1.3.1 Pembebanan Pada Kolom

Untuk beban hidup kolom diijinkan untuk beban hidup tereduksi berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 4.8 dengan syarat komponen struktur yang memiliki $K_{LL}A_{TT} \geq 37,16 \text{ m}^2$ dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$A_{TT}=7,8 \text{ m} \times 4,8 \text{ m}=37,44 \text{ m}^2 \geq 37,16 \text{ m}^2 \text{ (OK)}$$

$$K_{LL}A_{TT}=4 \times 37,44=149,76 \text{ m}^2 \geq 37,16 \text{ m}^2 \text{ (OK)}$$

– Reduksi beban hidup pelat lantai atap

$$R1 : 0,6 \quad (A_{TT} \geq 37,16 \text{ m}^2)$$

$$R2 : 1$$

$$Lo : 0,96$$

$$L_r = Lo \cdot R1 \cdot R2 = 0,96 \cdot 0,6 = 0,576 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} = 57,6 \frac{\text{KG}}{\text{M}^2}$$

– Reduksi beban hidup pelat lantai Apartemen

$$Lo = 1,92$$

$$L = Lo \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL}A_{TT}}} \right)$$

$$L = Lo \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{149,76}} \right) = 1,022 \frac{\text{kN}}{\text{M}^2} = 102,2 \frac{\text{KG}}{\text{M}^2}$$

$$0,4 \times Lo = 0,768$$

$$L \geq 0,4 \times Lo \dots\dots\dots \text{(OK)}$$

4.4.1.3.2 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan menggunakan kombinasi sederhana pada SNI-2847-2002 pasal 11.2 yakni 1.4D dan 1.2D+1.6L. dari hasil kedua perhitungan diambil nilai yang terbesar.

- Kombinasi 1
 $P_u = 1,4 P_d$
- Kombinasi 2
 $P_u = 1,2 P_d + 1,6 P_l$

Hasil dari kombinasi yang memiliki nilai lebih besar akan digunakan sebagai beban rencana untuk desain kolom.

4.4.1.3.3 Dimensi Kolom

Dengan menggunakan mutu baja (f_y) 400 MPa, maka dimensi kolom dapat ditentukan sebagai berikut :

$$A = 3 \times \frac{P_u}{\phi f_c}$$

Bila $b = h$, maka :

$$b = h = \sqrt{A}$$

Tabel 4. 2. Pembebanan Kolom Lantai 8-Atap

Pelat Atap							
Beban Mati	Berat Sendiri	b	l	t	x	Berat	Satuan
Pelat	456,73325	7,8	8,4			29925,16	kg
Spesi (2cm)	21	7,8	8,4	2		2751,84	kg
Penggantung + Plafond	18	7,8	8,4			1179,36	kg
ME	40	7,8	8,4			2620,8	kg
Plumbing	30	7,8	8,4			1965,6	kg
WD						38442,76	kg
Beban Hidup							
Lantai Atap	57,6	7,8	8,4			3773,952	kg
Air Hujan	20	7,8	8,4			1310,4	kg
WL						5084,352	kg
Pelat Lantai 8-10							
Beban Mati	Berat Sendiri	b	l	t	x	Berat	Satuan
Pelat	510,2076	7,8	8,4		3	100286,4	kg
Drop Panel	2400	2,8	2,8	0,075	3	4233,6	kg
Spesi (2cm)	21	7,8	8,4	2	3	8255,52	kg
Penggantung + Plafond	18	7,8	8,4		3	3538,08	kg
Keramik	24	7,8	8,4		3	4717,44	kg
ME	40	7,8	8,4		3	7862,4	kg
Plumbing	30	7,8	8,4		3	5896,8	kg
Dinding	65	8,4		4	3	6552	kg
WD						141342,2	kg
Beban Hidup	Berat Sendiri	b	l	t	x	Berat	Satuan
Lantai	102,20015	7,8	8,4		3	20088,46	kg
WL						20088,46	kg
WD Total						179785	kg
WL Total						25172,81	kg
Kombinasi							
1,4 WD						251699	kg
1,2 WD + 1,6 WL						256018,5	kg
						A =	1573,119 cm2
						b = h =	39,66256 cm
						40	cm

Tabel 4. 3. Pembebanan Kolom Lantai 5-7

Pelat Lantai 5-7							
Beban Mati	Berat Sendiri	b	l	t	x	Berat	Satuan
Pelat	510,2076	7,8	8,4		3	100286,4	kg
Drop Panel	2400	2,8	2,8	0,075	3	4233,6	kg
Spesi (2cm)	21	7,8	8,4	2	3	8255,52	kg
Penggantung + Plafond	18	7,8	8,4		3	3538,08	kg
Keramik	24	7,8	8,4		3	4717,44	kg
ME	40	7,8	8,4		3	7862,4	kg
Plumbing	30	7,8	8,4		3	5896,8	kg
Dinding	65	8,4		4	3	6552	kg
WD						141342,2	kg
Beban Hidup	Berat Sendiri	b	l	t	x	Berat	Satuan
Lantai	102,20015	7,8	8,4		3	20088,46	kg
WL						20088,46	kg
WD Total						321127,3	kg
WL Total						45261,27	kg
Kombinasi							
1,4 WD						449578,2	kg
1,2 WD + 1,6 WL						457770,7	kg
					A =	2809,863	cm ²
					b = h =	53,00815	cm
						55	cm

Tabel 4. 4. Pembebanan Kolom Lantai 3-4

Pelat Lantai 3-4							
Beban Mati	Berat Sendiri	b	l	t	x	Berat	Satuan
Pelat	510,2076	7,8	8,4		2	66857,6	kg
Drop Panel	2400	2,8	2,8	0,075	2	2822,4	kg
Spesi (2cm)	21	7,8	8,4	2	2	5503,68	kg
Penggantung + Plafond	18	7,8	8,4		2	2358,72	kg
Keramik	24	7,8	8,4		2	3144,96	kg
ME	40	7,8	8,4		2	5241,6	kg
Plumbing	30	7,8	8,4		2	3931,2	kg
Dinding	65	8,4		4	2	4368	kg
WD						94228,16	kg
Beban Hidup	Berat Sendiri	b	l	t	x	Berat	Satuan
Lantai	102,20015	7,8	8,4		2	13392,31	kg
WL						13392,31	kg
WD Total						415355,4	kg
WL Total						58653,58	kg
Kombinasi							
1,4 WD						581497,6	kg
1,2 WD + 1,6 WL						592272,2	kg
					A =	4215,857	cm ²
					b = h =	64,92963	cm
						65	cm

Tabel 4. 5. Pembebanan Kolom Lantai 1-2

Pelat Lantai 1-2							
Beban Mati	Berat Sendiri	b	l	t	x	Berat	Satuan
Pelat	510,2076	7,8	8,4		2	66857,6	kg
Drop Panel	2400	2,8	2,8	0,075	2	2822,4	kg
Spesi (2cm)	21	7,8	8,4	2	2	5503,68	kg
Penggantung + Plafond	18	7,8	8,4		2	2358,72	kg
Keramik	24	7,8	8,4		2	3144,96	kg
ME	40	7,8	8,4		2	5241,6	kg
Plumbing	30	7,8	8,4		2	3931,2	kg
Dinding	65	8,4		4	2	4368	kg
WD						94228,16	kg
Beban Hidup	Berat Sendiri	b	l	t	x	Berat	Satuan
Lantai	102,20015	7,8	8,4		2	13392,31	kg
WL						13392,31	kg
WD Total						509583,6	kg
WL Total						72045,89	kg
Kombinasi							
1,4 WD						713417	kg
1,2 WD + 1,6 WL						726773,7	kg
					A =	4815,565	cm ²
					b = h =	69,39427	cm
						70	cm

4.4.1.4 Dinding Geser (*ShearWall*)

Tebal minimum dinding pendukung pada SNI-2847-2013 pasal 14.5.3(1) tidak boleh lebih kecil dari 100 mm dengan memperhatikan beberapa hal berikut :

1. Tebal dinding pendukung tidak boleh lebih kecil dari $1/25$ tinggi dinding yang ditopang secara lateral
2. Tebal dinding pendukung tidak boleh lebih kecil dari $1/25$ panjang bagian dinding yang ditopang secara lateral

Dari kedua item tersebut diambil nilai terkecil.

Untuk dinding pendukung ini dirancang dengan perencanaan menggunakan :

- Tebal : 350 mm
- Tinggi dinding : 4000 mm
- Lebar dinding : 8400 mm

$$T_{\min} = \frac{1}{25} \times 4000 = 160 \text{ mm}$$

$$T_{\min} = \frac{1}{25} \times 8400 = 336 \text{ mm} \dots\dots\dots (\text{Menentukan})$$

$$T_{\text{rencana}} = 350 > 336 \text{ mm (OK)}$$

Maka tebal dinding pendukung menggunakan tebal 350 mm telah memenuhi syarat SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.(1).

4.4.1.5 Balok Tepi (*Perimeter Beam*)

Penentuan tinggi balok minimum (h_{\min}) dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2. (tabel 9.5(a) Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung).

Untuk f_y selain 420 MPa

$$h = \frac{1}{16} \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$b = \frac{2}{3} h$$

Dimana:

l = panjang balok (mm)

h = tinggi balok (mm)

b = lebar balok (mm)

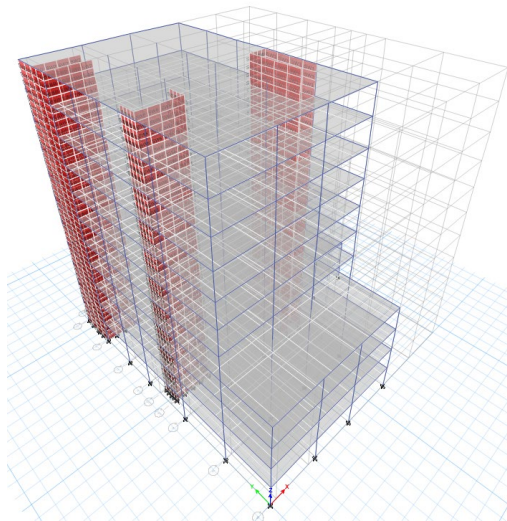
Tabel 4. 6. Rekapitulasi Dimensi Balok Tepi

No	Bentang	Arah	h min	b min	dimensi	
					h	b
1	7200	Melintang	450	300	550	400
2	8400	Melintang	525	350	550	400
3	6200	Memanjang	387,5	258,3333	550	400
4	5300	Memanjang	331,25	220,8333	550	400
4	8400	Memanjang	525	350	550	400
4	8000	Memanjang	500	333,3333	550	400
4	5400	Memanjang	337,5	225	550	400

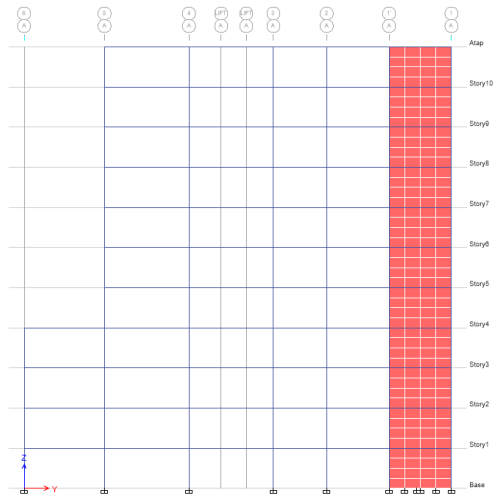
4.5 Permodelan Struktur

4.5.1 Desain Struktur Primer

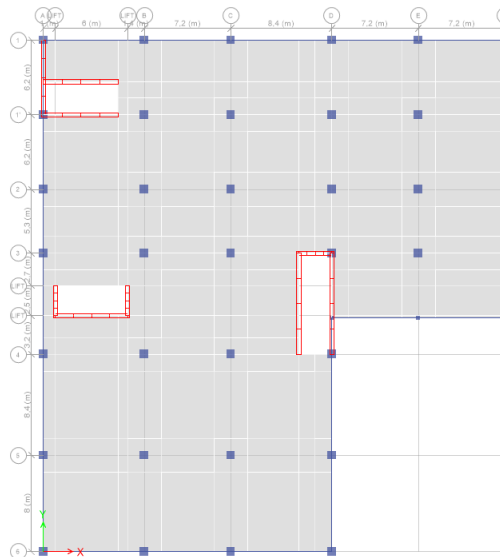
Dalam perencanaan gedung bertingkat perlu dilakukan adanya perencanaan pembebanan gravitasi maupun pembebanan gempa. Hal ini bertujuan agar struktur gedung tersebut mampu untuk memikul beban – beban yang terjadi. Program bantu ETABS 2016 akan membantu dalam cek serta kontrol perhitungan struktur sesuai persyaratan yang telah ditetapkan dalam SNI 1726:2012.



Gambar 4. 13. Tampak 3D Struktur



Gambar 4. 14. Tampak Samping Struktur



Gambar 4. 15. Denah Lantai 1 Struktur

4.5.2 Pembebanan

4.5.2.1 Beban Mati

a. Beban Mati Struktural

Beban mati struktural merupakan berat sendiri bangunan yang memiliki fungsi struktural untuk menahan beban. Beban mati struktural yang diperhitungkan adalah beban struktur beton bertulang, yaitu sebesar 2400 kg/m^3 .

b. Beban Mati Tambahan atau SIDL

Beban mati tambahan merupakan berat elemen nonstruktural yang secara permanen membebani struktur.

Tabel 4. 7. Beban Mati Tambahan Lt 1-10

Beban Mati (kg/m ²)	
Spesi (2cm)	42
Penggantung + Plafond	18
Keramik	24
ME	40
Plumbing	30

Tabel 4. 8. Beban Mati Tambahan Atap

Beban Mati (kg/m ²)	
Spesi (2cm)	21
Penggantung + Plafond	18
ME	40
Plumbing	30

4.5.2.2 Beban Hidup

Beban hidup untuk perencanaan struktur diambil dari SNI 1727 : 2013.

Beban Hidup

- Lantai Atap : $0,96 \text{ kN/m}^2$
- Lantai Sekolah : $1,92 \text{ kN/m}^2$

4.5.2.3 Beban Gempa Rencana

Analisis gempa yang akan dikenakan pada struktur gedung menggunakan analisis spektrum respons. Berdasarkan SNI 1726-2012, spektrum respons gempa rencana desain harus dibuat terlebih dahulu.

- a) Kategori Risiko (I) dan Faktor Keutamaan (I_e)
Berdasarkan pasal 4.1.2 SNI 1726-2012, struktur ini termasuk dalam kategori risiko IV (Gedung Sekolah) dengan faktor keutamaan gempa (I_e) = 1,5.
- b) Jenis Tanah
Berdasarkan hasil tes boring yang dilakukan di lapangan, maka kategori tanah yang ada di lapangan merupakan kelas situs Tanah Lunak (SE).
- c) Nilai S_s , S_1 , F_a , F_v , S_{ms} , S_{m1} , S_{ds} , S_{d1}
Dari puskim, didapatkan variable variable pada Tabel 4. 9

Tabel 4. 9. Nilai S_s , S_1 , F_a , F_v , S_{ms} , S_{d1} , S_{ds} , S_{d1}

Variabel	Nilai
S_s	0,674
S_1	0,296
F_a	1,352
F_v	2,814
S_{ms}	0,911
S_{m1}	0,834
S_{DS}	0,607
S_{D1}	0,556

- d) Sistem Penahan Gaya Seismik
Sesuai Tabel 9 SNI 1726-2012, untuk kategori desain seismik D, dapat digunakan sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah sebagai sistem strukturnya. Dengan dinding geser beton bertulang khusus pada arah x dan y. Dengan sistem ganda dengan sistem rangka pemikul momen menengah maka 75% gaya gempa akan di pikul dinding geser, Parameter sistem ini adalah :

$$R_o=6,5$$

$$\Omega_o=2,5$$

$$C_d=5$$

E. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	10	T1	T1 ^{IX}
2. Dinding geser beton bertulang khusus	6½	2½	5	TB	TB	48	30	30

- e) Spektrum Respons Desain
Penentuan nilai T_0 dan T_s :

$$\bullet \quad T_o = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_o = 0,2 \frac{0,556}{0,607} = 0,183 \text{ dt}$$

$$\bullet \quad T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{0,556}{0,607} = 0,915 \text{ dt}$$

Untuk periode yang lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan :

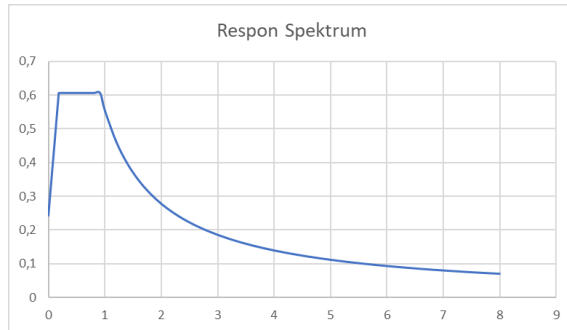
$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

Untuk Periode lebih kecil dari T_o , diambil persamaan :

$$S_a = S_{ds} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_o} \right)$$

Untuk periode diantara T_o dan T_s , diambil persamaan :

$$S_a = S_{ds}$$



Gambar 4. 16. Grafik Respon Spektrum

4.5.2.4 Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 4.2.2, faktor-faktor dan kombinasi beban ultimit untuk beban mati nominal (D), beban hidup nominal (L), beban angin nominal (W), dan beban gempa nominal (E) adalah:

- a) 1,4D
- b) 1,2D + 1,6L
- c) 1,2D + 1Ex + L
- d) 1,2D + 1Ey + L
- e) 0,9D + 1Ex
- f) 0,9D + 1Ey
- g) 1D + 1L
- h) Envelope

4.5.3 Permodelan *BubbleDeck* pada ETABS

Dalam analisa struktur Flat Slab gedung apartemen One East Surabaya ini digunakan program bantu ETABS 2016. Berikut adalah langkah dari permodelan struktur menggunakan program bantu ETABS 2016 :

1. Setelah membuat project baru pada ETABS, masukkan spesifikasi material yang digunakan pada menu Define -> Material Properties. Masukkan Material Beton yang akan digunakan.

2. Memodelkan *BubbleDeck* dengan masuk ke Define -> Section Properties -> Slab Sections. Pada tahap ini, *BubbleDeck* akan dimodelkan sebagai *Solid Slab* biasa. Masukkan tebal *BubbleDeck* sesuai dengan hasil preliminary design
3. Dalam Slab Property Data, klik modifier. Lalu isi Property/Stiffness Modifier sesuai *BubbleDeck* yang digunakan. Faktor-faktor tersebut dapat ditemukan di Brosur yang terdapat dalam website resmi *BubbleDeck*.

Ball diameter	[cm]	18.00	22.50	27.00	31.50	36.00	40.50	45.00
Minimum axis spacing	[cm]	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00
Maximum number of balls	[1/m ²]	25.00	16.00	11.11	8.16	6.25	4.94	4.00
Recommended minimum slab thickness	[cm]	23.00	28.00	34.00	40.00	45.00	52.00	58.00
Load reduction per ball	[kN]	0.08	0.15	0.26	0.41	0.61	0.87	1.19
Maximum load reduction per sq. metre	[kN/m ²]	1.91	2.39	2.86	3.34	3.82	4.29	4.77
Rigidity factor	[-]	0.88	0.87	0.87	0.88	0.87	0.88	0.88
Shear factor	[-]	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

Gambar 4. 17. Faktor yang dimasukkan ke ETABS

4. Memodelkan elemen struktur lainnya, lalu memasukkan beban beban yang akan bekerja termasuk kombinasi pembebanan.

4.6 Kontrol Persyaratan Struktur

Kontrol permodelan struktur dilakukan setelah memperoleh analisa dari program bantu ETABS, hal ini dilakukan agar mengetahui desain yang dilakukan telah memenuhi syarat keamanan dan sesuai dengan standar yang terdapat pada peraturan. Kontrol permodelan struktur yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- Kontrol Beban Gravitasi
- Kontrol Partisipasi Massa
- Kontrol Periode Gerak Struktur
- Kontrol Respons Seismik
- Kontrol Batas Simpangan (*drift*)
- Kontrol Sistem Ganda

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing – masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.

4.6.1 Kontrol Beban Gravitasi

Beban gravitasi dikontrol untuk mengecek kesesuaian permodelan pada program bantu ETABS 2016 dengan desain bangunan gedung. Perhitungan beban masing – masing elemen struktur pada gedung ditunjukkan pada Tabel 4.11 berikut :

Tabel 4. 10. Pembebanan Struktur

Sehingga didapatkan rekapitulasi beban pada Tabel 4. 12 :

Tabel 4. 11. Rekapitulasi Pembebanan Beserta ETABS

Rekapitulasi		
Pelat	5574210,96	kg
Drop Panel	146764,8	kg
Kolom	987264	kg
Kolom Bantu	4320	kg
Balok Tepi	779856	kg
SuperDead	1676000,64	kg
Beban Hidup	2051406,72	kg
Shearwall	1820280	kg
Opening	282081,027	kg
TOTAL	12758022,1	kg
ETABS		
Dead	9156275,2	kg
Live	1945254,72	kg
SuperDead	1590857,89	kg
TOTAL	12692387,8	kg

Selisih antara perhitungan manual dengan permodelan ETABS yaitu sebagai berikut:

$$W_{\text{manual}} - W_{\text{permodelan}} = 12692387,8 - 12692388$$

$$= 65634,29 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Selisih} &= \frac{65634,29}{11586891,8} \times 100\% \\
 &= 0,514\%
 \end{aligned}$$

Selisih 0,514% < 5%, dengan perhitungan manual. Dengan demikian pemodelan struktur dianggap sesuai.

4.6.2 Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726 : 2012 pasal 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi

massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa aktual dari masing-masing arah.

Tabel 4. 12. Partisipasi Massa Struktur

Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY
		sec		
Modal	1	1,035	0,3893	0,0689
Modal	2	0,985	0,5939	0,3851
Modal	3	0,765	0,6308	0,6241
Modal	4	0,321	0,7553	0,6288
Modal	5	0,269	0,8408	0,7336
Modal	6	0,234	0,8726	0,8721
Modal	7	0,164	0,9045	0,8808
Modal	8	0,134	0,9299	0,9155
Modal	9	0,12	0,9302	0,9262
Modal	10	0,113	0,952	0,9396
Modal	11	0,11	0,952	0,9396
Modal	12	0,103	0,9522	0,9404

Dari tabel 4.13 didapatkan partisipasi massa arah X sebesar 90,45% pada moda ke 7 dan partisipasi massa arah Y yakni sebesar 91,55% pada mode 8. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada Pasal 7.9.1 SNI 1726:2012 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

4.6.3 Kontrol Periode Waktu Getar Alami Fundamental (T)

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksible, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 1726 : 2012, periode fundamental pendekatan (Ta) untuk struktur dinding geser beton ditentukan sebagai berikut :

$$T_{a\text{minimum}} = C_t h_n^x$$

$$T_{a\text{maksimum}} = C_u \times T_{a\text{ minimum}}$$

Keterangan :

hn = ketinggian total struktur (m)

Ct = parameter periode pendekatan

Ta = Periode fundamental pendekatan

Untuk nilai SDI = 0,556 , nilai koefisien batas (Cu) adalah 1,4. Struktur studi kasus memiliki tinggi dari basement hingga atas gedung (hn) adalah m, dan luas struktur m2.

Tabel 4. 13. Nilai Koefisien Cu

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Tabel 4. 14. Nilai Koefisien Ct dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

$$T_{a\text{minimum}} = 0,0488 \times 44^{0,75} = 0,833$$

$$T_{a\text{maksimum}} = 1,4 \times 0,833 = 1,167$$

Dari Permodelan ETABS didapatkan perioda sesuai Tabel 4. 16 :

Tabel 4. 15. Perioda Permodelan ETABS

Case	Mode	Period
		sec
Modal	1	1,035
Modal	2	0,985
Modal	3	0,765
Modal	4	0,321
Modal	5	0,269
Modal	6	0,234
Modal	7	0,164
Modal	8	0,134
Modal	9	0,12
Modal	10	0,113
Modal	11	0,11
Modal	12	0,103

Berdasarkan analisa program bantu ETABS 2016 didapatkan periode fundamental struktur (T_c) sebesar 1,032. Sehingga $T_c = 1,035$ detik. Berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai T_c berada diantara range T_a minimum dan T_a maksimum yakni :

$$T_a \text{ minimum} < T_c < T_a \text{ maksimum}$$

$$0,833 < 1,035 < 1,167$$

Dari analisa kontrol periode fundamental struktur dapat disimpulkan bahwa periode struktur $T_c = 1,035$ dapat digunakan.

4.6.4 Kontrol Respon Seismik

Berdasarkan SNI 1726 : 2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 90% nilai respon statik. Koefisien respon seismik C_s harus ditentukan sesuai dengan SNI 1726 : 2012 pasal 7.8.1.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R} = \frac{0,607}{\frac{6,5}{1,5}} = 0,14$$

Dan nilai C_s tidak perlu lebih besar dari :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{T \frac{R}{I_e}} = \frac{0,607}{1,032 \times \frac{6,5}{1,5}} = 0,135$$

nilai C_s harus tidak kurang dari :

$$C_s = 0,044 \times S_{DS} \times I_e = 0,044 \times 0,607 \times 1,5 = 0,04 \geq 0,01$$

Maka nilai C_s diambil sebesar 0,135.

Perhitungan gaya geser (base shear) menggunakan SNI 1726:2012 dengan persamaan berikut :

$$V = C_s \times W$$

$$V = 0,135 \times 11586891,8 = 1574254,267 \text{ kgf}$$

Berdasarkan hasil analisa menggunakan program bantu ETABS 2016, didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) akibat beban gempa arah X dan arah Y pada Tabel 4.17 :

Tabel 4. 16. Nilai Base Shear dari ETABS

	Fx	Fy
Ex Max	1262530,779	554034,8
Ey Max	674498,236	1283085

Kontrol Base Shear

Arah X :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 V_{\text{statik}}$$

$$1262530,779 \leq 1338116,127 \text{(NOT OK)}$$

Arah Y

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 V_{\text{statik}}$$

$$1283085 \leq 1338116,127 \text{(NOT OK)}$$

Berdasarkan kontrol gempa arah X dan Y masih belum memenuhi syarat nilai akhir respon. Menurut pasal 7.9.4.2 SNI 1726:2012 tertulis jika gaya geser dasar hasil analisa kurang dari 85%, maka gaya harus dikalikan dengan $0,85V/V_t$.

$$\text{Faktor pengali arah X} = 1338116,127/1262530,779 = 1,059$$

$$\text{Faktor Pengali arah Y} = 1338116,127/1283085 = 1,042$$

Setelah mendapatkan faktor pengali, maka faktor pengali dimasukkan kedalam fungsi Respons Spektrum di ETABS, lalu dilakukan analisis ulang untuk mendapatkan *Base Reaction* yang baru.

Dari hasil analisis menggunakan program ETABS 2016 didapatkan nilai gaya geser dasar sesuai Tabel 4. 18 :

Tabel 4. 17. Nilai *Base Shear* yang Baru

	Fx	Fy
Ex Max	1451801,229	637093,3
Ey Max	755634,8874	1437431

Dilakukan kontrol ulang terhadap gempa arah X dan Y sebagai berikut :

Arah X :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85V_{\text{statik}}$$

$$1451801,229 \leq 1338116,127 \text{(OK)}$$

Arah Y

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85V_{\text{statik}}$$

$$1437431 \leq 1338116,127 \text{(OK)}$$

4.6.5 Kontrol Batas Simpangan (*Drift*)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

Tabel 4. 18. Batas Simpangan Gedung

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025 h_{sx}$ ^a	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^a	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$

^a h_{sx} adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x.

Berikut merupakan drift ijin yang didapat dari perhitungan di atas.

$$\begin{aligned}\delta_{ijin} &= 0,010 \times h_{sx} \\ &= 0,010 \times 4000 = 40 \text{ mm (Semua Lantai)}\end{aligned}$$

Lalu dilanjutkan mencari δ_i dengan cara perhitungan sebagai berikut:

$$\delta_i = \frac{Drift \times Cd}{I_e} \quad ; Cd = 5 \text{ (SNI 1726 : 2012, Tabel 9)}$$

Dari hasil perhitungan ETABS, didapatkan drift dan δ_i sesuai dengan SNI 1726:2012 seperti pada Tabel 4.20.

Tabel 4. 19. Kontrol Batas Simpangan

Story	Load Case/Co	Direction	Drift	δ_x	δ_a	Ket.
			mm			
Atap	Ex Max	X	6,025	20,0833333	40	OK
Story10	Ex Max	X	6,435	21,45	40	OK
Story9	Ex Max	X	6,676	22,2533333	40	OK
Story8	Ex Max	X	6,866	22,8866667	40	OK
Story7	Ex Max	X	6,487	21,6233333	40	OK
Story6	Ex Max	X	10,251	34,17	40	OK
Story5	Ex Max	X	9,622	32,0733333	40	OK
Story4	Ex Max	X	5,493	18,31	40	OK
Story3	Ex Max	X	5,184	17,28	40	OK
Story2	Ex Max	X	4,217	14,0566667	40	OK
Story1	Ex Max	X	3,551	11,8366667	40	OK

Story	Load Case/Co	Direction	Drift	δ_x	δ_a	Ket.
			mm			
Atap	Ey Max	Y	5,667	18,89	40	OK
Story10	Ey Max	Y	5,857	19,52333	40	OK
Story9	Ey Max	Y	6,075	20,25	40	OK
Story8	Ey Max	Y	6,216	20,72	40	OK
Story7	Ey Max	Y	5,946	19,82	40	OK
Story6	Ey Max	Y	9,106	30,35333	40	OK
Story5	Ey Max	Y	8,504	28,34667	40	OK
Story4	Ey Max	Y	4,674	15,58	40	OK
Story3	Ey Max	Y	4,016	13,38667	40	OK
Story2	Ey Max	Y	3,065	10,21667	40	OK
Story1	Ey Max	Y	2,692	8,973333	40	OK

Maka dapat disimpulkan bahwa berdasarkan simpangan yang terjadi searah sumbu X maupun Y memenuhi persyaratan berdasarkan SNI 1726:2012.

4.6.6 Kontrol Sistem Ganda

Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) harus memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja dalam arah kerja beban gempa tersebut. Berikut total reaksi perletakan SRPM dan shearwall.

Tabel 4. 20. Kontrol Sistem Ganda

	Fx	Fy
Shearwall	1261115	1135899
SRPM	540734,2	907504,1
% SW	69,99%	55,59%
% SRPM	30,01%	44,41%

Dari hasil Tabel 4.21, dapat dilihat bahwa persentase total dari SRPM memiliki nilai lebih besar dari 25%, sehingga konfigurasi struktur gedung telah memenuhi syarat sebagai struktur sistem ganda.

4.7 Perhitungan Struktur Primer

4.7.1 Umum

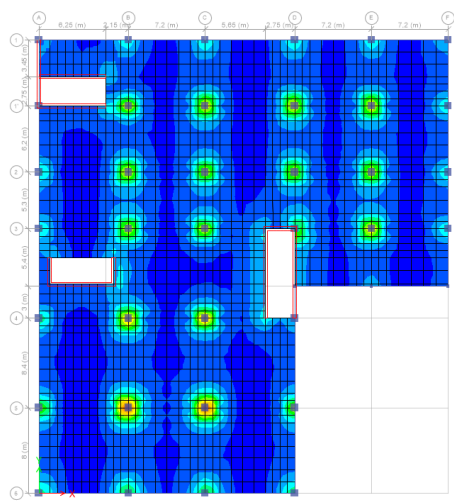
Struktur utama adalah elemen utama suatu gedung dan berfungsi untuk menahan pembebanan yang berasal dari beban gravitasi dan beban lateral berupa beban gempa maupun beban angin. Elemen utama terdiri dari pelat, balok tepi, kolom dan shear wall. Perancangan elemen-elemen tersebut mengacu pada SNI-2847-2013.

- Mutu beton = 40 MPa
- Mutu baja (fy) = 400 MPa
- Tinggi bangunan = 44 m
- Luas drop panel = 2800 x 2800 mm
- Dimensi balok tepi = 400 x 550 mm²
- Kategori resiko gempa = D
- Fungsi bangunan = Sekolah

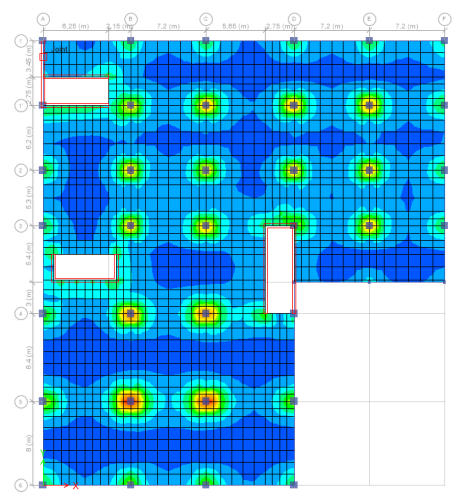
4.7.2 Desain *BubbleDeck*

Dari analisa struktur dengan bantuan program ETABS diperoleh gaya-gaya yang terjadi pada pelat akibat beban rencana. Gaya-gaya dalam yang terjadi yang digunakan sebagai dasar perancangan tulangan pelat adalah momen dan geser. Untuk momen diperhitungkan terhadap sumbu gedung baik searah sumbu

x maupun sumbu y sesuai dengan momen yang terjadi sesuai arah sumbu.



Gambar 4. 18. Momen yang Terjadi (M11)



Gambar 4. 19. Momen yang Terjadi (M22)

4.7.2.1 Penulangan *BubbleDeck* 300mm

Berdasarkan hasil analisa menggunakan program bantu ETABS didapatkan nilai momen yang terjadi pada pelat yang ditunjukkan Tabel 4. 22 :

Tabel 4. 21. Rekapitulasi Nilai Momen dari ETABS

Letak	Momen 11 (kN-m)		Momen 22 (kN-m)	
	Kolom	Tengah	Kolom	Tengah
Tumpuan	240,007	66,498	217,261	96,615
Lapangan	48,959	39,885	38,261	33,381

Tahapan yang digunakan dalam menentukan tulangan lentur plat adalah sebagai berikut :

1. Menentukan data-data d, f_y , f'_c , dan M_u
2. Menentukan harga β_1

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,764$$

3. Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,0389$$

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,0292$$

$$\rho_{\min} = 0,002$$

4. Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = 11,764$$

5. Menentukan R_n

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

Diketahui harga $\phi = 0,75$

6. Rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

Dimana $\rho_{\min} < \rho_{\text{pakai}} < \rho_{\max}$

7. Menentukan luas tulangan (AS) dari ρ yang didapat

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d}$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

8. Menentukan spasi maksimum antar tulangan

$$S < 450 \text{ mm}$$

$$S < 3 \times h$$

9. Jumlah tulangan tiap meter (n) = $A_{s\text{perlu}} / A_s \text{ tulangan}$

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s \text{ tulangan}}$$

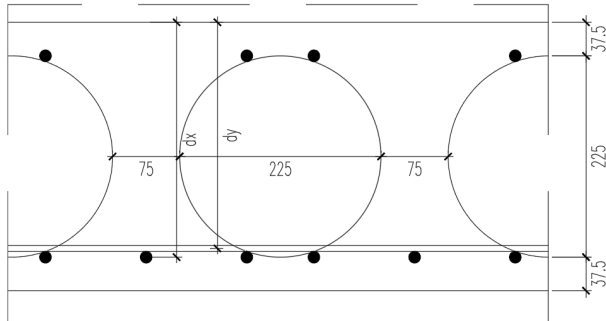
10. Jarak tulangan (s)

$$n = \frac{1000}{s}$$

4.7.2.1.1 Perencanaan Tulangan Lajur Kolom Arah Sumbu X

➤ Tumpuan

- Mu = 240,007 kN-m
- Tebal Pelat = 300 mm
- Tebal selimut = 37,5 mm
- Diameter Tulangan = 22 mm
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Mutu Beton (f'_c) = 40 MPa



$$D_x = 300 - 37,5 - (1/2 \cdot 225) \\ = 251,5 \text{ mm}$$

$$\Phi = 0,9$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600+400} \right) = 0,038964$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,03896 = 0,029223$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,0039528 \text{ (Menentukan !)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} = 0,0035$$

$$m = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi_b x d x^2} = \frac{240007000}{0,9 \times 1000 \times 251,5^2} = 4,216$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{11,764} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 17,062 \times 4,216}{400}} \right) \\ = 0,01128$$

$$\rho_{\min} = 0,0035 < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} = 0,022414$$

Maka, dipakai $\rho = 0,01128$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times 1000 \times dx \\ &= 2839,4077 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{\text{As. } f_y}{0,85 \times f'_{cx} \times b} = \frac{2839,4077 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 33,4 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{33,4}{0,764} = 43,723 \text{ mm}$$

$$E_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{251,5 - 43,723}{43,723} \times 0,003 = 0,0142$$

$E_t > 0,005$ [OK]

Jadi, faktor reduksi $\emptyset = 0,90$ dapat digunakan

Syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan D22mm, sehingga jarak antar tulangan :

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{\text{As perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{2839,4077} \\ &= 133,87 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 109,21 \text{ mm} < S_{\max} = 450 \text{ mm} \rightarrow \text{Spakai} = 100 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai D 22 - 100 mm

Perhitungan Tulangan Tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $\text{As min} \geq 1/3 \text{ As perlu}$
 $\text{As min} \geq 1/3 \times 2839,4077$
 $\text{As min} \geq 946,469 \text{ mm}^2$

Dipakai tulangan D13, sehingga jarak antar tulangan :

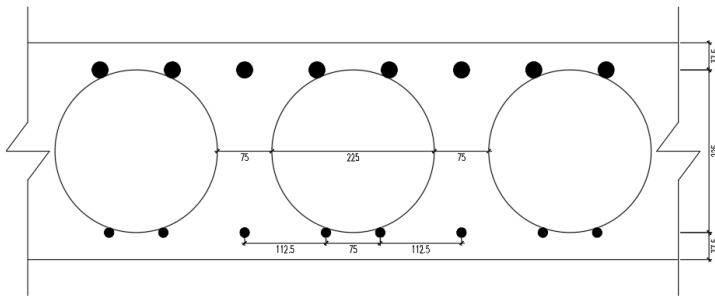
$$s = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{946,469}$$

$$= 140,24 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan dengan spasi 112,5 mm, lalu 75 mm, lalu 112,5 mm. Hal ini dikarenakan tulangan juga digunakan sebagai tempat untuk meletakkan *Bubble* sedemikian rupa.

$$\text{Sehingga Srata-rata} = \frac{112,5 + 75 + 112,5}{3} = 100 \text{ mm}$$

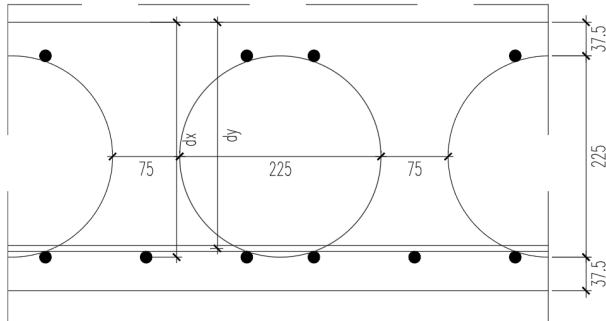
Jadi dipasang tulangan D 13 - 100 mm



Gambar 4. 20. Detail BD280 Lajur Kolom Tumpuan Arah X

➤ Lapangan

- Mu = 48,959 kN-m
- Tebal Pelat = 300 mm
- Tebal selimut = 37,5 mm
- Diameter Tulangan = 13 mm
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Mutu Beton (f'_c) = 40 MPa



$$D_x = 300 - 37,5 - (1/2 \cdot 13) \\ = 256 \text{ mm}$$

$$\Phi = 0,9$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600+400} \right) = 0,038964$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,03896 = 0,029223$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,0039528 \text{ (Menentukan !)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} = 0,0035$$

$$m = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b x d^2} = \frac{48959000}{0,9 \times 1000 \times 256^2} = 0,83$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{11,764} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 17,062 \times 0,83}{400}} \right) \\ = 0,002101$$

$$\rho_{\min} = 0,0035 > \rho_{\text{perlu}} \text{ (NOT OK)}$$

Maka, dipakai $\rho = 0,003953$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times 1000 \times dx \\ &= 1011,929 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek nilai ϕ

$$a = \frac{\text{As. } f_y}{0,85 \times f'_{cx} \times b} = \frac{1011,929 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 11,9 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{11,9}{0,764} = 15,58 \text{ mm}$$

$$E_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{256 - 15,58}{15,58} \times 0,003 = 0,04628$$

$E_t > 0,005$ [OK]

Jadi, faktor reduksi $\phi = 0,90$ dapat digunakan

Syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan D13mm, sehingga jarak antar tulangan :

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{\text{As perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{1011,929} \\ &= 131,1676 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 131,1676 \text{ mm} < S_{\text{max}} = 450 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan dengan spasi 112,5 mm, lalu 75 mm, lalu 112,5 mm. Hal ini dikarenakan tulangan juga digunakan sebagai tempat untuk meletakkan *Bubble* sedemikian rupa.

$$\text{Sehingga } S_{\text{rata-rata}} = \frac{112,5 + 75 + 112,5}{3} = 100 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai D 13 - 100 mm

Perhitungan Tulangan Tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $A_s \min \geq 1/3 A_s \text{ perlu}$
 $A_s \min \geq 1/3 \times 1011,929$
 $A_s \min \geq 337,3096 \text{ mm}^2$
 Dipakai tulangan D13, sehingga jarak antar tulangan :

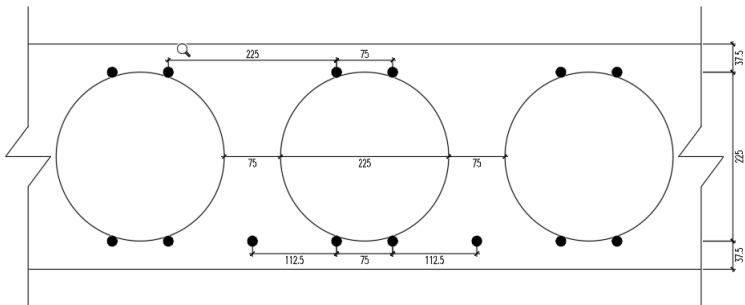
$$s = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{337,3096}$$

$$= 393,5028 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan dengan spasi 75 mm, lalu 225 mm. Hal ini dikarenakan tulangan juga digunakan sebagai tempat untuk meletakkan *Bubble* sedemikian rupa.

$$\text{Sehingga Srata-rata} = \frac{75+225}{2} = 150 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan D 13 - 150 mm



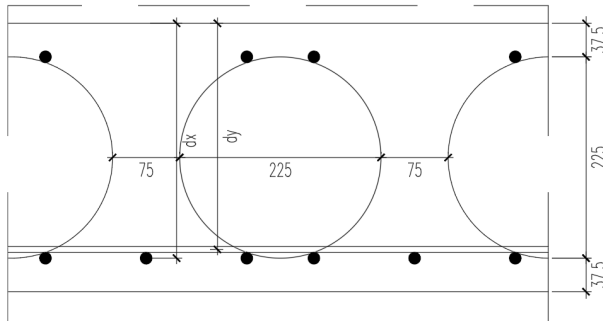
Gambar 4. 21. Detail BD280 Lajur Kolom Lapangan Arah X

4.7.2.1.2 Perencanaan Tulangan Lajur Tengah Arah Sumbu X

➤ Tumpuan

- M_u = 66,498 kN-m
- Tebal Pelat = 300 mm
- Tebal selimut = 37,5 mm

- Diameter Tulangan = 13 mm
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Mutu Beton (f'_c) = 40 MPa



$$D_x = 300 - 37,5 - (1/2 \cdot 13) \\ = 256 \text{ mm}$$

$$\Phi = 0,9$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,038964$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,03896 = 0,029223$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,0039528 \text{ (Menentukan !)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} = 0,0035$$

$$m = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi_b \times d \times x^2} = \frac{66498000}{0,9 \times 1000 \times 256^2} = 1,12 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{11,764} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 1,12}{400}} \right)$$

$$= 0,002867$$

$\rho_{\min} = 0,003953 > \rho_{\text{perlu}}$ (NOT OK)

Maka, dipakai $\rho = 0,003953$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times 1000 \times d_x \\ &= 1011,929 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \times f'_{cx} \cdot b} = \frac{1011,929 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 11,9 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{11,9}{0,764} = 15,582 \text{ mm}$$

$$E_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{256 - 15,582}{15,582} \times 0,003 = 0,0462$$

$E_t > 0,005$ [OK]

Jadi, faktor reduksi $\emptyset = 0,90$ dapat digunakan

Syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan D13mm, sehingga jarak antar tulangan :

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{1011,929} \\ &= 131,16 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 131,16 \text{ mm} < S_{\max} = 450 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan dengan spasi 112,5 mm, lalu 75 mm, lalu 112,5 mm. Hal ini dikarenakan tulangan juga digunakan sebagai tempat untuk meletakkan *Bubble* sedemikian rupa.

$$\text{Sehingga } S_{\text{rata-rata}} = \frac{112,5 + 75 + 112,5}{3} = 100 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai D 13 - 100 mm

Perhitungan Tulangan Tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $A_s \min \geq 1/3 A_s \text{ perlu}$
 $A_s \min \geq 1/3 \times 1011,929$
 $A_s \min \geq 337,3096 \text{ mm}^2$
 Dipakai tulangan D13, sehingga jarak antar tulangan :

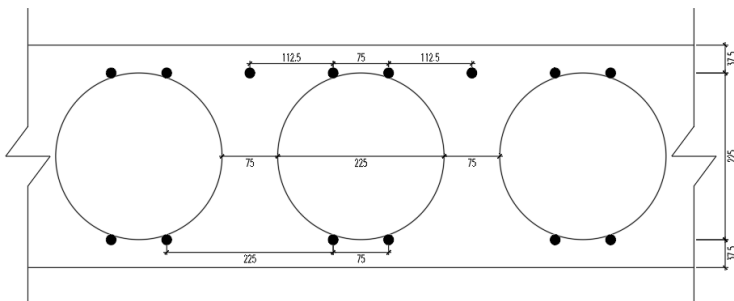
$$s = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{337,3096}$$

$$= 393,50 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan dengan spasi 75 mm, lalu 225 mm. Hal ini dikarenakan tulangan juga digunakan sebagai tempat untuk meletakkan *Bubble* sedemikian rupa.

$$\text{Sehingga Srata-rata} = \frac{75+225}{2} = 150 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan D 13 - 150 mm

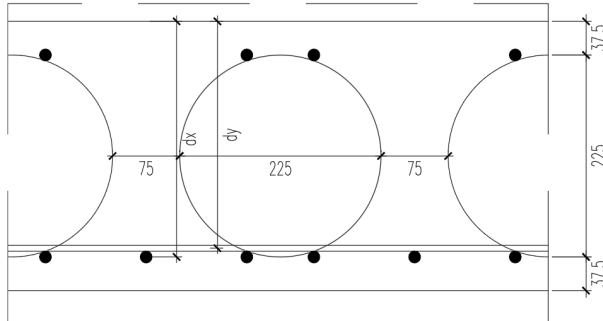


Gambar 4. 22. Detail BD280 Lajur Tengah Tumpuan Arah X

➤ Lapangan

- M_u = 39,8858 kN-m
- Tebal Pelat = 300 mm

- Tebal selimut = 37,5 mm
- Diameter Tulangan = 13 mm
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Mutu Beton (f'_c) = 40 MPa



$$D_x = 300 - 37,5 - (1/2 \cdot 13)$$

$$= 256 \text{ mm}$$

$$\Phi = 0,9$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,038964$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,03896 = 0,029223$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,0039528 \text{ (Menentukan !)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} = 0,0035$$

$$m = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b x d^2} = \frac{39885000}{0,9 \times 1000 \times 256^2} = 0,676$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{11,764} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 0,676}{400}} \right)$$

$$= 0,001708$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0039528 > \rho_{\text{perlu}} \text{ (NOT OK)}$$

Maka, dipakai $\rho = 0,0039528$

$$\begin{aligned} \text{As}_{\text{perlu}} &= \rho \times 1000 \times d_x \\ &= 1011,929 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek nilai Ø

$$a = \frac{\text{As. fy}}{0,85 \times f'_{cx} \times b} = \frac{1011,929 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 11,9 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{11,9}{0,764} = 15,58 \text{ mm}$$

$$E_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{256 - 15,58}{15,58} \times 0,003 = 0,04628$$

$$E_t > 0,005 \text{ [OK]}$$

Jadi, faktor reduksi Ø=0,90 dapat digunakan

Syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan D13mm, sehingga jarak antar tulangan

:

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{\text{As}_{\text{perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{1011,929} \\ &= 131,1676 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 131,1676 \text{ mm} < S_{\text{max}} = 450 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan dengan spasi 112,5 mm, lalu 75 mm, lalu 112,5 mm. Hal ini dikarenakan tulangan juga

digunakan sebagai tempat untuk meletakkan *Bubble* sedemikian rupa.

$$\text{Sehingga Srata-rata} = \frac{112,5+75+112,5}{3} = 100\text{mm}$$

Tulangan yang dipakai D 13 - 100 mm

Perhitungan Tulangan Tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

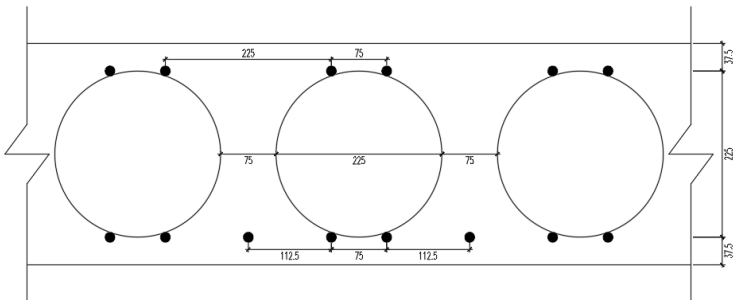
- As min $\geq 1/3$ As perlu
 $\text{As min} \geq 1/3 \times 1011,929$
 $\text{As min} \geq 337,3096 \text{ mm}^2$
 Dipakai tulangan D13, sehingga jarak antar tulangan :

$$\begin{aligned} - s &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{\text{As perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{337,3096} \\ - &= 393,5028 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan dengan spasi 75 mm, lalu 225 mm. Hal ini dikarenakan tulangan juga digunakan sebagai tempat untuk meletakkan *Bubble* sedemikian rupa.

$$\text{Sehingga Srata-rata} = \frac{75+225}{2} = 150\text{mm}$$

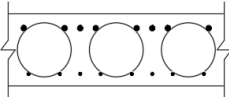
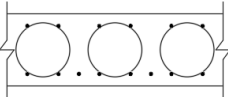
Jadi dipasang tulangan D 13 - 150 mm

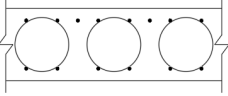
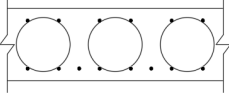


Gambar 4. 23. Detail BD280 Lajur Tengah Lapangan Arah X

4.7.2.1.3 Perencanaan Tulangan Arah Sumbu Y

Dengan melakukan tahapan yang sama dengan perhitungan tulangan arah sumbu X baik lajur kolom maupun lajur tengah, didapatkan tulangan arah sumbu Y sesuai Gambar 4. 24 :

LAJUR	KOLOM	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
TUL. ATAS	D22-100mm	D13-150mm
TUL. BAWAH	D13-100mm	D13-100mm

TENGAH	
TUMPUAN	LAPANGAN
	
D13-100mm	D13-150mm
D13-150mm	D13-100mm

Gambar 4. 24. Rekapitulasi Penulangan BD280 Arah Y

Dikarenakan *BubbleDeck* digunakan sebagai penahan gempa, maka *Bubble/Bola* di daerah sekitar lajur kolom dengan lebar tertentu ditiadakan. Detail lebih lanjut terdapat pada Lampiran.

4.7.2.1.4 Pemeriksaan Tebal Pelat Berdasarkan Syarat Gaya Geser Pada Muka Kolom

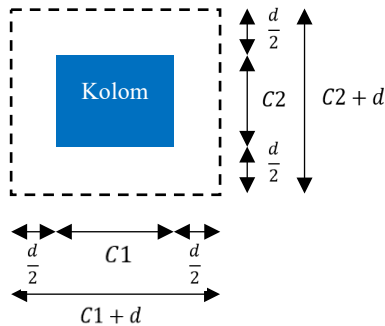
Dalam perencanaan pelat tanpa balok, pemeriksaan tebal pelat berdasarkan syarat geser perlu dilakukan. Hal ini dimaksudkan untuk menjamin tersedianya kekuatan geser yang cukup.

➤ Interior

Tabel 4. 22. Nilai Vu Muka Kolom Interior

Kolom Interior	
Ukuran (mm)	Vu (kN)
400 x 400	390,5619
550 x 550	453,4295
650 x 650	554,2172
700 x 700	495,5584

• Kolom 400x400



- Vu = 390561 N
- Pelat = 300 mm
- Drop Panel = 75 mm
- Selimut = 37,5 mm
- C1, C2 = 400, 400
- α_s kolom interior = 40
- d = (300 + 75) - 37,5 - 16 - 16/2 = 313,5 mm
- bo = 2 x (C1 + d + C2 + d) = 2854 mm
- Ao = bo x d = 894729 mm²
- Vc = $\left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_{cx}} \text{ bo x d}}{6}$

$$\begin{aligned}
 &= 1867391,8 \text{ N} \\
 - \quad V_c &= \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2 \right) \frac{\sqrt{f_c} \times b_o \times d}{12} \\
 &= 2885969,16 \text{ N} \\
 - \quad V_c &= \frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_c} \\
 &= 3003038,539 \text{ N} \\
 - \quad V_c \text{ pakai} &= 1867391,8 \text{ N (Terkecil)} \\
 0,75 V_c \text{ pakai} > V_u &= 390561 \text{ N [Tidak butuh tulangan geser]}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dengan perhitungan diatas, maka didapatkan hasil untuk kolom interior lainnya pada Tabel 4. 24 :

Tabel 4. 23. Rekapitulasi Perhitungan V_c Muka Kolom Interior

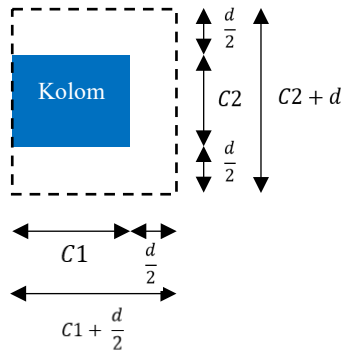
Kolom 550x550			Ket.
$V_u =$	453429,5	N	
$V_{c1} =$	2259976	N	DIPAKAI
$V_{c2} =$	3492690	N	TIDAK DIPAKAI
$V_{c3} =$	3200520	N	TIDAK DIPAKAI
$0,75 V_c =$	1694982	N	OK
Kolom 650x650			Ket.
$V_u =$	554217,2	N	
$V_{c1} =$	2521699	N	DIPAKAI
$V_{c2} =$	3897171	N	TIDAK DIPAKAI
$V_{c3} =$	3332175	N	TIDAK DIPAKAI
$0,75 V_c =$	1891274	N	OK
Kolom 700x700			Ket.
$V_u =$	495558,4	N	
$V_{c1} =$	2652560	N	DIPAKAI
$V_{c2} =$	4099411	N	TIDAK DIPAKAI
$V_{c3} =$	3398002	N	TIDAK DIPAKAI
$0,75 V_c =$	1989420	N	OK

➤ Eksterior

Tabel 4. 24. Nilai V_u Muka Kolom Eksterior

Kolom Eksterior	
Ukuran (mm)	Vu (kN)
400 x 400	288,8831
550 x 550	362,581
650 x 650	368,3088
700 x 700	338,2383

• Kolom 400x400



- Vu = 288883 N
- Pelat = 300 mm
- Drop Panel = 0 mm
- Selimut = 37,5 mm
- C1, C2 = 400, 400
- α_s kolom Eksterior = 30
- d = (300 + 0) - 37,5 - 16 - 16/2 = 238,5 mm
- bo = 2 x (C1 + d/2 + C2 + d) = 2315,5 mm
- Ao = bo x d = 552246 mm²
- Vc = $\left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_{cx}} \text{ bo x d}}{6}$ = 1152595,99 N

$$\begin{aligned}
 - V_c &= \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2 \right) \frac{\sqrt{f_c} \times b_o \times d}{12} \\
 &= 1781284,712 \text{ N} \\
 - V_c &= \frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_c} \\
 &= 1475580,5 \text{ N} \\
 - V_c \text{ pakai} &= 1152595,99 \text{ N (Terkecil)} \\
 0,75 V_c \text{ pakai} > V_u &= 288883 \text{ N [Tidak butuh tulangan geser]}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dengan perhitungan diatas, maka didapatkan hasil untuk kolom Eksterior lainnya pada Tabel 4. 26 :

Tabel 4. 25. Rekapitulasi Perhitungan V_c Muka Kolom Eksterior

Kolom 550x550			Ket.
$V_u =$	362581	N	
$V_{c1} =$	1451260	N	DIPAKAI
$V_{c2} =$	2242857	N	TIDAK DIPAKAI
$V_{c3} =$	1625818	N	TIDAK DIPAKAI
$0,75 V_c =$	1088445	N	OK
Kolom 650x650			Ket.
$V_u =$	368308,8	N	
$V_{c1} =$	1650370	N	DIPAKAI
$V_{c2} =$	2550572	N	TIDAK DIPAKAI
$V_{c3} =$	1725976	N	TIDAK DIPAKAI
$0,75 V_c =$	1237778	N	OK
Kolom 700x700			Ket.
$V_u =$	338238,3	N	
$V_{c1} =$	1749925	N	DIPAKAI
$V_{c2} =$	2704429	N	TIDAK DIPAKAI
$V_{c3} =$	1776055	N	TIDAK DIPAKAI
$0,75 V_c =$	1312444	N	OK

4.7.2.1.5 Pemeriksaan Tebal Pelat Berdasarkan Syarat Gaya Geser Pada Muka Drop Panel

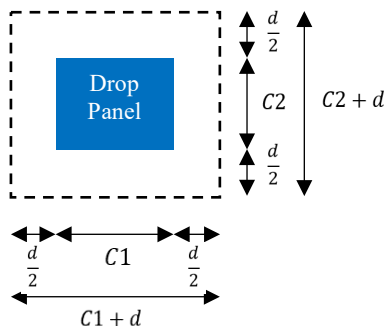
Dalam perencanaan pelat tanpa balok, pemeriksaan tebal pelat berdasarkan syarat geser perlu dilakukan. Hal ini dimaksudkan untuk menjamin tersedianya kekuatan geser yang

cukup. Tak hanya dilakukan pengecekan dengan jarak $d/2$ dari kolom, namun juga $d/2$ dari drop panel. Kolom yang ditinjau hanya kolom interior dikarenakan drop panel hanya terdapat pada kolom interior.

Tabel 4. 26. Nilai V_u Muka Drop Panel

Kolom Interior	
Ukuran (mm)	V_u (kN)
400 x 400	157,7859
550 x 550	340,8884
650 x 650	456,7909
700 x 700	383,3995

- Kolom 400x400



- V_u = 157785 N
- Pelat = 300 mm
- Drop Panel = 0 mm
- Selimut = 37,5 mm
- $C1, C2$ = 2800, 2800
- α_s kolom interior = 40
- d = $(300 + 0) - 37,5 - 16 - 16/2$
= 238,5 mm
- b_o = $2 \times (C1 + d/2 + C2 + d)$

$$\begin{aligned}
 &= 12154 \text{ mm} \\
 - \quad A_o &= b_o \times d \\
 &= 2898729 \text{ mm}^2 \\
 - \quad V_c &= \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c} b_o \times d}{6} \\
 &= 6049946,733 \text{ N} \\
 - \quad V_c &= \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} b_o \times d}{12} \\
 &= 9349917,68 \text{ N} \\
 - \quad V_c &= \frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_c} \\
 &= 4237692,93 \text{ N} \\
 - \quad V_c \text{ pakai} &= 4237692,93 \text{ N (Terkecil)} \\
 0,75 V_c \text{ pakai} &> V_u = 157785 \text{ N [Tidak butuh tulangan geser]}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dengan perhitungan diatas, maka didapatkan hasil untuk kolom interior lainnya pada Tabel 4. 28 :

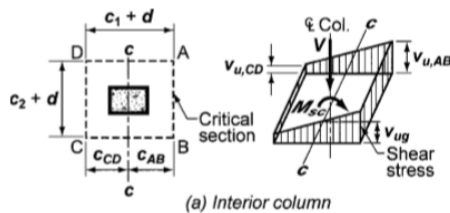
Tabel 4. 27. Rekapitulasi Perhitungan V_c Muka Drop Panel

Kolom 550x550			Ket.
$V_u =$	340888,4	N	
$V_{c1} =$	6049947	N	TIDAK DIPAKAI
$V_{c2} =$	9349918	N	TIDAK DIPAKAI
$V_{c3} =$	4237693	N	DIPAKAI
$0,75 V_c =$	3178270	N	OK
Kolom 650x650			Ket.
$V_u =$	456790,9	N	
$V_{c1} =$	6049947	N	TIDAK DIPAKAI
$V_{c2} =$	9349918	N	TIDAK DIPAKAI
$V_{c3} =$	4237693	N	DIPAKAI
$0,75 V_c =$	3178270	N	OK
Kolom 700x700			Ket.
$V_u =$	383399,5	N	
$V_{c1} =$	6049947	N	TIDAK DIPAKAI
$V_{c2} =$	9349918	N	TIDAK DIPAKAI
$V_{c3} =$	4237693	N	DIPAKAI
$0,75 V_c =$	3178270	N	OK

4.7.2.1.6 Penyaluran Momen Pada Pertemuan Kolom-Pelat

Menurut ACI 318-14 Pasal 8.4.4.2, apabila beban gravitasi, angin, gempa, atau beban lainnya menyebabkan penyaluran momen antara pelat dan kolom, maka sebagian dari momen tersebut dilimpahkan sebagai lentur sepanjang keliling penampang kritis dan sebagian lainnya sebagai gaya geser eksentris terhadap pusat penampang kritis. Oleh karena itu diperlukan peninjauan penyaluran momen terhadap kekuatan geser yang tersedia.

➤ Interior



Gambar 4. 25. Distribusi Tegangan Geser Pada Kolom Interior

Tabel 4. 28. Nilai V_u Akibat Beban Gravitasi dan M_u Kolom Interior

Kolom Interior		
Ukuran (mm)	V_u (kN)	M_u (kN-m)
400 x 400	390,5619	108,28225
550 x 550	453,4295	124,59175
650 x 650	554,2172	192,5005
700 x 700	495,5584	189,71075

- Kolom 400x400
 - V_u = 390561 N
 - M_u = 108282250 N-mm

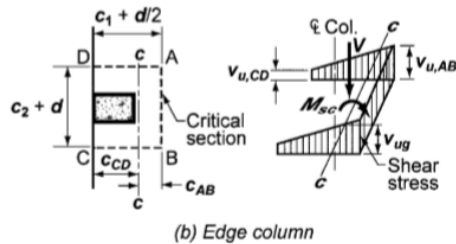
$$\begin{aligned}
- d &= 313,5 \text{ mm} \\
- c1+d = c2 + d &= 400 + 313,5 = 713,5 \text{ mm} \\
- Cab &= \frac{1}{2} \times 713,5 = 356,75 \text{ mm} \\
- Jc &= \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{d^3(c+d)}{6} + \frac{d(c2+d)(c1+d)^2}{2} \\
&= 79579107879 \text{ mm}^4 \\
- \gamma_v &= 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c1+d}{c2+d}}} \\
&= 0,4 \\
- v_u AB &= \frac{V_u}{A_o} + \frac{\gamma_v \times \mu_u \times C_{ab}}{J_c} \\
&= 0,63 \text{ N/mm}^2 \\
- v_u CD &= \frac{V_u}{A_o} - \frac{\gamma_v \times \mu_u \times C_{ab}}{J_c} \\
&= 0,242 \text{ N/mm}^2 \\
- v_u \text{ perlu} &= 0,63 \text{ N/mm}^2 \\
- \phi_{vc} &= 1,565 \text{ N/mm}^2 \\
v_u &< \phi_{vc} \text{ (Tidak butuh tulangan geser)}
\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dengan perhitungan diatas, maka didapatkan hasil untuk kolom interior lainnya pada Tabel 4. 30 :

Tabel 4. 29. Rekapitulasi Perhitungan Penyaluran Momen Kolom Interior

Kolom 550x550			Ket.
$v_u AB =$	0,573544	N/mm ²	-
$v_u CD =$	0,263946	N/mm ²	-
$v_{c1} =$	2,087103	N/mm ²	DIPAKAI
$v_{c2} =$	3,225523	N/mm ²	TIDAK DIPAKAI
$v_{c3} =$	2,955702	N/mm ²	TIDAK DIPAKAI
$\phi_{vc} =$	1,565327	N/mm ²	OK
Kolom 650x650			Ket.
$v_u AB =$	0,652018	N/mm ²	-
$v_u CD =$	0,265386	N/mm ²	-
$v_{c1} =$	2,087103	N/mm ²	DIPAKAI
$v_{c2} =$	3,225523	N/mm ²	TIDAK DIPAKAI
$v_{c3} =$	2,7579	N/mm ²	TIDAK DIPAKAI
$\phi_{vc} =$	1,565327	N/mm ²	OK
Kolom 700x700			Ket.
$v_u AB =$	0,562527	N/mm ²	-
$v_u CD =$	0,21731	N/mm ²	-
$v_{c1} =$	2,087103	N/mm ²	DIPAKAI
$v_{c2} =$	3,225523	N/mm ²	TIDAK DIPAKAI
$v_{c3} =$	2,673636	N/mm ²	TIDAK DIPAKAI
$\phi_{vc} =$	1,565327	N/mm ²	OK

➤ Eksterior



Gambar 4. 26. Distribusi Tegangan Geser Pada Kolom Eksterior

Tabel 4. 30. Nilai V_u Akibat Beban Gravitasi dan μ_u Kolom Eksterior

Kolom Eksterior		
Ukuran (mm)	Vu (kN)	Mu (kN-m)
400 x 400	288,8831	96,1605
550 x 550	362,581	120,731
650 x 650	368,3088	117,937
700 x 700	338,2383	188,191

- Kolom 400x400
 - $V_u = 288883 \text{ N}$
 - $M_u = 96160500 \text{ N-mm}$
 - $d = 238,5 \text{ mm}$
 - $c1+d/2 = 400 + 238,5/2 = 519,25 \text{ mm}$
 - $c2+d = 400 + 238,5 = 638,5 \text{ mm}$
 - $Cab = \frac{1}{2} \times 519,25 = 259,625 \text{ mm}$
 - $J_c = \frac{d(c1+d)^3}{6} + \frac{d^3(c1+d)}{6} + \frac{d(c2+d)(c1+d)^2}{2}$
 $= 27268292221 \text{ mm}^4$
 - $\gamma_v = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c1+d}{c2+d}}}$
 $= 0,4$
 - $v_u \text{ AB} = \frac{V_u}{A_o} + \frac{\gamma_v \times M_u \times Cab}{J_c}$
 $= 0,889 \text{ N/mm}^2$
 - $v_u \text{ CD} = \frac{V_u}{A_o} - \frac{\gamma_v \times M_u \times Cab}{J_c}$
 $= 0,156 \text{ N/mm}^2$
 - $v_u \text{ perlu} = 0,889 \text{ N/mm}^2$
 - $\phi_{vc} = 1,565 \text{ N/mm}^2$
 - $v_u < \phi_{vc}$ (Tidak butuh tulangan geser)

Dengan cara yang sama dengan perhitungan diatas, maka didapatkan hasil untuk kolom eksterior lainnya pada Tabel 4. 32 :

Tabel 4. 31. Rekapitulasi Perhitungan Penyaluran Momen Kolom Eksterior

Kolom 550x550			Ket.
$v_u AB =$	0,81238	N/mm ²	-
$v_u CD =$	0,230499	N/mm ²	-
$vc1 =$	2,087103	N/mm ²	DIPAKAI
$vc2 =$	3,225523	N/mm ²	TIDAK DIPAKAI
$vc3 =$	2,33814	N/mm ²	TIDAK DIPAKAI
$\phi vc =$	1,565327	N/mm ²	OK
Kolom 650x650			Ket.
$v_u AB =$	0,685625	N/mm ²	-
$v_u CD =$	0,245922	N/mm ²	-
$vc1 =$	2,087103	N/mm ²	DIPAKAI
$vc2 =$	3,225523	N/mm ²	TIDAK DIPAKAI
$vc3 =$	2,182716	N/mm ²	TIDAK DIPAKAI
$\phi vc =$	1,565327	N/mm ²	OK
Kolom 700x700			Ket.
$v_u AB =$	0,715431	N/mm ²	-
$v_u CD =$	0,09139	N/mm ²	-
$vc1 =$	2,087103	N/mm ²	DIPAKAI
$vc2 =$	3,225523	N/mm ²	TIDAK DIPAKAI
$vc3 =$	2,118268	N/mm ²	TIDAK DIPAKAI
$\phi vc =$	1,565327	N/mm ²	OK

4.7.2.1.7 Penyaluran Momen Pada Pertemuan Drop Panel – Pelat

Menurut ACI 318-14 Pasal 8.4.4.2, apabila beban gravitasi, angin, gempa, atau beban lainnya menyebabkan penyaluran momen antara pelat dan kolom, maka sebagian dari momen tersebut dilimpahkan sebagai lentur sepanjang keliling penampang kritis dan sebagian lainnya sebagai gaya geser eksentris terhadap pusat penampang kritis. Oleh karena itu diperlukan peninjauan penyaluran momen terhadap kekuatan geser yang tersedia. Tak hanya dilakukan pengecekan dengan jarak $d/2$ dari kolom, namun juga $d/2$ dari drop panel. Kolom yang ditinjau hanya kolom interior dikarenakan drop panel hanya terdapat pada kolom interior.

Tabel 4. 32. Nilai V_u Akibat Beban Gravitasi dan Mu Drop Panel

Kolom Interior		
Ukuran (mm)	Vu (kN)	Mu (kN-m)
400 x 400	157,7859	96,322
550 x 550	340,8884	81,969
650 x 650	456,7909	71,647
700 x 700	383,3995	65,261

- Kolom 400x400
 - $V_u = 157785 \text{ N}$
 - $M_u = 963220 \text{ N-mm}$
 - $d = 238,5 \text{ mm}$
 - $c_1 + d = c_2 + d = 2800 + 238,5 = 3038,5 \text{ mm}$
 - $C_{ab} = \frac{1}{2} \times 3038,5 = 1519,25 \text{ mm}$
 - $J_c = \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{d^3(c+d)}{6} + \frac{d(c_2+d)(c_1+d)^2}{2}$
 $= 4467280932829 \text{ mm}^4$
 - $\gamma_v = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c_1+d}{c_2+d}}}$
 $= 0,4$
 - $\nu_{u \text{ AB}} = \frac{V_u}{A_o} + \frac{\gamma_v \times M_u \times C_{ab}}{J_c}$
 $= 0,067 \text{ N/mm}^2$
 - $\nu_{u \text{ CD}} = \frac{V_u}{A_o} - \frac{\gamma_v \times M_u \times C_{ab}}{J_c}$
 $= 0,0413 \text{ N/mm}^2$
 - $\nu_{u \text{ perlu}} = 0,067 \text{ N/mm}^2$
 - $\varnothing \nu_c = 1,09 \text{ N/mm}^2$
 - $\nu_u < \varnothing \nu_c$ (Tidak butuh tulangan geser)

Dengan cara yang sama dengan perhitungan diatas, maka didapatkan hasil untuk kolom interior lainnya pada Tabel 4. 34 :

Tabel 4. 33. Rekapitulasi Perhitungan Penyaluran Momen Drop Panel

Kolom 550x550			Ket.
$vu_{AB} =$	0,12875	N/mm ²	-
$vu_{CD} =$	0,106449	N/mm ²	-
$vc1 =$	2,087103	N/mm ²	TIDAK DIPAKAI
$vc2 =$	3,225523	N/mm ²	TIDAK DIPAKAI
$vc3 =$	1,461914	N/mm ²	DIPAKAI
$\phi_{vc} =$	1,096436	N/mm ²	OK
Kolom 650x650			Ket.
$vu_{AB} =$	0,16733	N/mm ²	-
$vu_{CD} =$	0,147837	N/mm ²	-
$vc1 =$	2,087103	N/mm ²	TIDAK DIPAKAI
$vc2 =$	3,225523	N/mm ²	TIDAK DIPAKAI
$vc3 =$	1,461914	N/mm ²	DIPAKAI
$\phi_{vc} =$	1,096436	N/mm ²	OK
Kolom 700x700			Ket.
$vu_{AB} =$	0,141142	N/mm ²	-
$vu_{CD} =$	0,123387	N/mm ²	-
$vc1 =$	2,087103	N/mm ²	TIDAK DIPAKAI
$vc2 =$	3,225523	N/mm ²	TIDAK DIPAKAI
$vc3 =$	1,461914	N/mm ²	DIPAKAI
$\phi_{vc} =$	1,096436	N/mm ²	OK

4.7.2.1.8 Kontrol Lendutan

Kontrol lendutan ini berfungsi sebagai tolak ukur kenyamanan dalam pemakaian struktur, dimana struktur yang mengalami lentur harus memiliki kekakuan yang cukup untuk mengatasi lendutan, adapun ketentuan untuk pelat dua arah ini mengacu pada SNI 2847 – 2013 pasal 9.5 dengan rumusan :

$$\Delta_{ijin} > \Delta_{terjadi}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ terjadi} &= DL + LL \\
 &= 1,99 + 0,576 = 2,56 \text{ kg/cm} \\
 Mu &= 2400070 \text{ kg-cm} \\
 E_c &= 4700 \times \sqrt{f'_c} \\
 &= 4700 \times \sqrt{40} = 297254,1 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
I_s &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
&= \frac{1}{12} \times 30 \times 30^3 = 67500 \text{ cm}^4 \\
I_c &= 0,25 \times \pi \times d^4 \\
&= 0,25 \times \pi \times 11,25^4 = 12580,56 \text{ cm}^4 \\
I_g &= I_s - I_c \\
&= 54919,44 \text{ cm}^4 \\
Fr &= 0,062 \times \lambda \times \sqrt{f'c} \\
&= 0,3921 \text{ n/mm}^2 \\
Y_t &= 0,5 \times t \\
&= 15 \text{ cm} \\
M_{cr} &= \frac{f_r}{y_t} I_g \\
&= \frac{0,3921}{150} \times 549194400 \\
&= 1435676,3 \text{ Nmm} = 14356,763 \text{ kg-cm} \\
I_{cr} &= \left(\frac{1}{3} \times b \times y_t^3\right) + (A_s \text{ Pasang} \times y_t^2) \\
&= \left(\frac{1}{3} \times 30 \times 15^3\right) + (28,39 \times 15^2) \\
&= 40138,667 \text{ cm}^4 \\
I_e &= \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 \times I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right) I_{cr} \\
&= \left(\frac{14356,763}{2400070}\right)^3 \times 54919,44 + \left(1 - \left(\frac{14356,763}{2400070}\right)^3\right) \times 40138,667 \\
&= 40138,67 \text{ cm}^4 \\
\Delta_{terjadi} &= \frac{5}{384} \times \frac{q \text{ terjadi} \times L^4}{E \times I_e} \\
&= \frac{5}{384} \times \frac{2,56 \times 840^4}{297254,1 \times 40138,67} \\
&= 1,39 \text{ cm} = 13,9 \text{ mm} \\
\Delta_{ijin} &= \frac{L}{360} = \frac{840}{360} = 2,33 \text{ cm} \\
\Delta_{ijin} &> \Delta_{terjadi} \text{ (OK)}
\end{aligned}$$

4.7.2.2 Penulangan *BubbleDeck* 250mm

Berdasarkan hasil analisa menggunakan program bantu ETABS didapatkan nilai momen yang terjadi pada pelat yang ditunjukkan pada Tabel 4. 35 :

Tabel 4. 34. Rekapitulasi Nilai Momen Dari ETABS

Letak	Momen 11 (kN-m)		Momen 22 (kN-m)	
	Kolom	Tengah	Kolom	Tengah
Tumpuan	53,016	20,548	44,775	57,738
Lapangan	39,711	35,465	50,255	40,597

Tahapan yang digunakan dalam menentukan tulangan lentur plat adalah sebagai berikut :

1. Menentukan data-data d , f_y , f'_c , dan M_u
2. Menentukan harga β_1

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,764$$

3. Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,0389$$

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,0292$$

$$\rho_{\min} = 0,002$$

4. Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = 11,764$$

5. Menentukan R_n

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

$$\text{Diketahui harga } \phi = 0,75$$

6. Rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

Dimana $\rho_{\min} < \rho_{\text{pakai}} < \rho_{\max}$

7. Menentukan luas tulangan (AS) dari ρ yang didapat

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d}$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

8. Menentukan spasi maksimum antar tulangan

$$S < 450 \text{ mm}$$

$$S < 3 \times h$$

9. Jumlah tulangan tiap meter (n) = $A_{s\text{perlu}} / A_s \text{ tulangan}$

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s \text{ tulangan}}$$

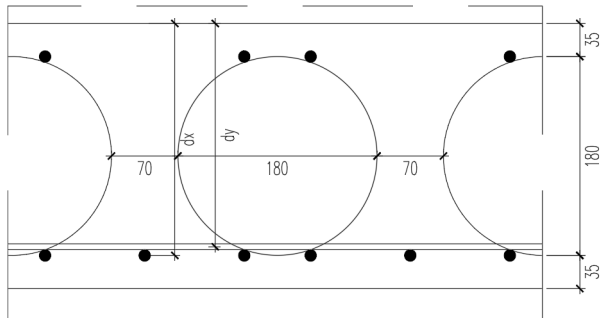
10. Jarak tulangan (s)

$$n = \frac{1000}{s}$$

4.7.2.2.1 Perencanaan Tulangan Lajur Kolom Arah Sumbu X

➤ Tumpuan

- Mu = 53,016 kN-m
- Tebal Pelat = 250 mm
- Tebal selimut = 35 mm
- Diameter Tulangan = 13 mm
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Mutu Beton (f'_c) = 40 MPa



$$D_x = 250 - 35 - (1/2 \times 13) \\ = 208,5 \text{ mm}$$

$$\Phi = 0,9$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600+400} \right) = 0,038964$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,03896 = 0,029223$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,0039528 \text{ (Menentukan !)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} = 0,0035$$

$$m = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d x^2} = \frac{53016000}{0,9 \times 1000 \times 208,5^2} = 1,35$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{17,062} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 17,062 \times 1,35}{400}} \right) \\ = 0,003458$$

$$\rho_{\min} = 0,0039528 > \rho_{\text{perlu}} \text{ (NOT OK!)}$$

Maka, dipakai $\rho = 0,0039528$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times 1000 \times dx \\ &= 824,168 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{\text{As. } f_y}{0,85 \times f'_{cx} \times b} = \frac{824,168 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 9,69 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{9,69}{0,764} = 12,691 \text{ mm}$$

$$E_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{208,5 - 12,691}{12,691} \times 0,003 = 0,0462$$

$E_t > 0,005$ [OK]

Jadi, faktor reduksi $\emptyset = 0,90$ dapat digunakan

Syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 250 = 750 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan D13 mm, sehingga jarak antar tulangan :

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{\text{As perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{824,168} \\ &= 161,04 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 161,04 \text{ mm} < S_{\text{max}} = 450 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan dengan spasi 70 mm, lalu 180 mm. Hal ini dikarenakan tulangan juga digunakan sebagai tempat untuk meletakkan *Bubble* sedemikian rupa.

$$\text{Sehingga Srata-rata} = \frac{70+180}{2} = 125 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai D 13 - 125 mm

Perhitungan Tulangan Tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $A_s \min \geq 1/3 A_s \text{ perlu}$
 $A_s \min \geq 1/3 \times 824,168$
 $A_s \min \geq 274,722 \text{ mm}^2$
 Dipakai tulangan D13, sehingga jarak antar tulangan :

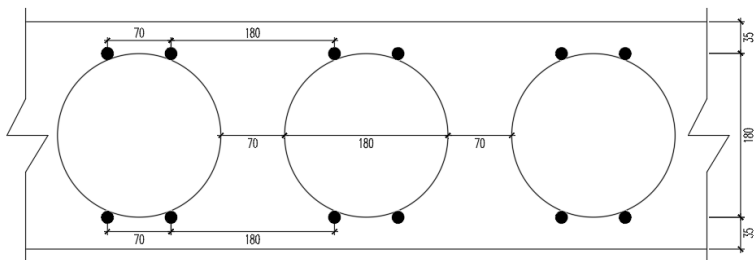
$$s = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{274,722}$$

$$= 483,149 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan dengan spasi 70 mm, lalu 180 mm. Hal ini dikarenakan tulangan juga digunakan sebagai tempat untuk meletakkan *Bubble* sedemikian rupa.

$$\text{Sehingga Srata-rata} = \frac{70+180}{2} = 125 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan D 13 - 125 mm

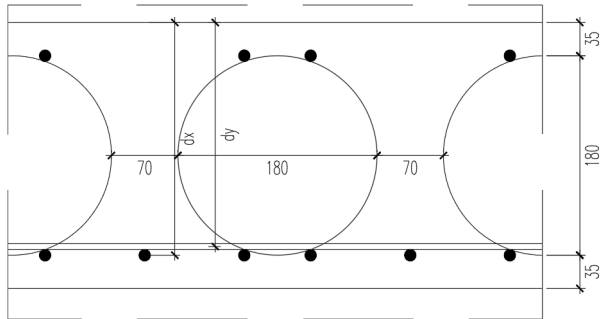


Gambar 4. 27. Detail BD230 Lajur Kolom Tumpuan Arah X

➤ Lapangan

- M_u = 39,711 kN-m
- Tebal Pelat = 250 mm
- Tebal selimut = 35 mm
- Diameter Tulangan = 13 mm
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa

– Mutu Beton (f'_c) = 40 MPa



$$D_x = 250 - 35 - (1/2 \times 13) \\ = 208,5 \text{ mm}$$

$$\Phi = 0,9$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600+400} \right) = 0,038964$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,03896 = 0,029223$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,0039528 \text{ (Menentukan !)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} = 0,0035$$

$$m = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d x^2} = \frac{39711000}{0,9 \times 1000 \times 208,5^2} = 1,01$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{17,062} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 17,062 \times 1,01}{400}} \right) \\ = 0,00257$$

$$\rho_{\min} = 0,0039528 > \rho_{\text{perlu}} \text{ (NOT OK)}$$

Maka, dipakai $\rho = 0,0039528$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times 1000 \times d_x \\ &= 824,168 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{824,168 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 9,69 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{9,69}{0,764} = 12,69 \text{ mm}$$

$$E_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{208,5 - 12,69}{12,69} \times 0,003 = 0,0462$$

$$E_t > 0,005 \text{ [OK]}$$

Jadi, faktor reduksi $\emptyset = 0,90$ dapat digunakan

Syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 250 = 750 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan D13 mm, sehingga jarak antar tulangan :

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{824,168} \\ &= 161,049 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 161,049 \text{ mm} < S_{\max} = 450 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan dengan spasi 70 mm, lalu 180 mm. Hal ini dikarenakan tulangan juga digunakan sebagai tempat untuk meletakkan *Bubble* sedemikian rupa.

$$\text{Sehingga Srata-rata} = \frac{70+180}{2} = 125 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai D 13 - 125 mm

Perhitungan Tulangan Tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $A_s \min \geq 1/3 A_s \text{ perlu}$
 $A_s \min \geq 1/3 \times 824,168$
 $A_s \min \geq 274,722 \text{ mm}^2$
 Dipakai tulangan D13, sehingga jarak antar tulangan :

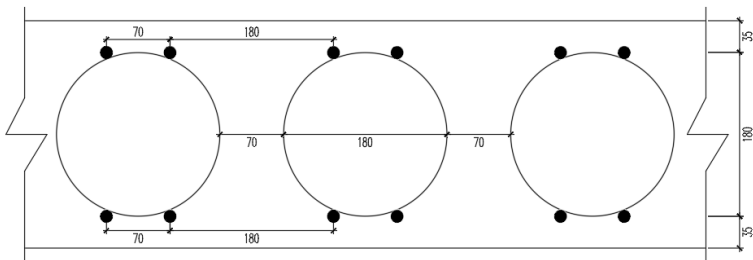
$$s = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{274,722}$$

$$= 483,149 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan dengan spasi 70 mm, lalu 180 mm. Hal ini dikarenakan tulangan juga digunakan sebagai tempat untuk meletakkan *Bubble* sedemikian rupa.

$$\text{Sehingga Srata-rata} = \frac{70+180}{2} = 125 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan D 13 - 125 mm



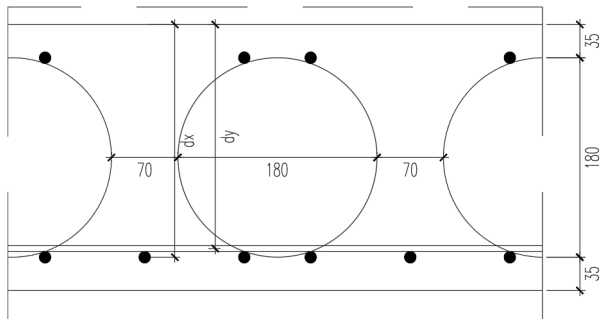
Gambar 4. 28. Detail BD230 Lajur Kolom Lapangan Arah X

4.7.2.2.2 Perencanaan Tulangan Lajur Tengah Arah Sumbu X

➤ Tumpuan

- M_u = 20,548 kN-m
- Tebal Pelat = 250 mm
- Tebal selimut = 35 mm
- Diameter Tulangan = 13 mm
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa

– Mutu Beton (f'_c) = 40 MPa



$$D_x = 250 - 35 - (1/2 \times 13) \\ = 208,5 \text{ mm}$$

$$\Phi = 0,9$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,038964$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,03896 = 0,029223$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,0039528 \text{ (Menentukan !)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} = 0,0035$$

$$m = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b x d^2} = \frac{20548000}{0,9 \times 1000 \times 208,5^2} = 0,52$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{17,062} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 17,062 \times 0,52}{400}} \right) \\ = 0,0013$$

$\rho_{\min} = 0,0039528 > \rho_{\text{perlu}} \text{ (NOT OK)}$

Maka, dipakai $\rho = 0,0039528$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times 1000 \times d_x \\ &= 824,168 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{824,168 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 9,69 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{9,69}{0,764} = 12,69 \text{ mm}$$

$$E_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{208,5 - 12,69}{12,69} \times 0,003 = 0,0462$$

$E_t > 0,005 \text{ [OK]}$

Jadi, faktor reduksi $\emptyset = 0,90$ dapat digunakan

Syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 250 = 750 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan D13 mm, sehingga jarak antar tulangan :

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{824,168} \\ &= 161,049 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 161,049 \text{ mm} < S_{\max} = 450 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan dengan spasi 70 mm, lalu 180 mm. Hal ini dikarenakan tulangan juga digunakan sebagai tempat untuk meletakkan *Bubble* sedemikian rupa.

$$\text{Sehingga Srata-rata} = \frac{70+180}{2} = 125 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai D 13 - 125 mm

Perhitungan Tulangan Tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $A_s \min \geq 1/3 A_s \text{ perlu}$
 $A_s \min \geq 1/3 \times 824,168$
 $A_s \min \geq 274,722 \text{ mm}^2$
 Dipakai tulangan D13, sehingga jarak antar tulangan :

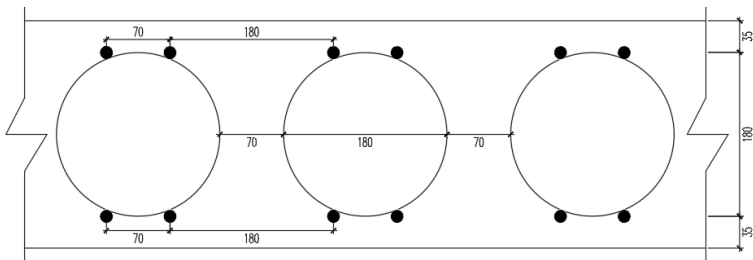
$$s = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{274,722}$$

$$= 483,149 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan dengan spasi 70 mm, lalu 180 mm. Hal ini dikarenakan tulangan juga digunakan sebagai tempat untuk meletakkan *Bubble* sedemikian rupa.

$$\text{Sehingga Srata-rata} = \frac{70+180}{2} = 125 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan D 13 - 125 mm

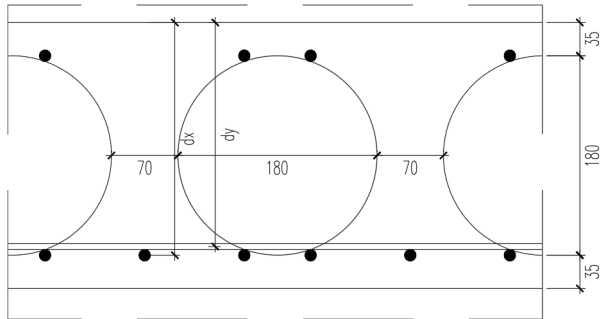


Gambar 4. 29. Detail BD230 Lajur Tengah Tumpuan Arah X

➤ Lapangan

- M_u = 35,465 kN-m
- Tebal Pelat = 250 mm
- Tebal selimut = 35 mm
- Diameter Tulangan = 13 mm
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa

– Mutu Beton (f'_c) = 40 MPa



$$D_x = 250 - 35 - (1/2 \times 13)$$

$$= 208,5 \text{ mm}$$

$$\Phi = 0,9$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600+400} \right) = 0,038964$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,03896 = 0,029223$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,0039528 \text{ (Menentukan !)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} = 0,0035$$

$$m = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d x^2} = \frac{35,465}{0,9 \times 1000 \times 208,5^2} = 0,9$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{17,062} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 17,062 \times 0,9}{400}} \right)$$

$$= 0,0022$$

$$\rho_{\min} = 0,0039528 > \rho_{\text{perlu}} \text{ (NOT OK)}$$

Maka, dipakai $\rho = 0,0039528$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times 1000 \times d_x \\ &= 824,168 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \times f'_{cx} \times b} = \frac{824,168 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 9,69 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{9,69}{0,764} = 12,69 \text{ mm}$$

$$E_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{208,5 - 12,69}{12,69} \times 0,003 = 0,0462$$

$$E_t > 0,005 \text{ [OK]}$$

Jadi, faktor reduksi $\emptyset = 0,90$ dapat digunakan

Syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 250 = 750 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan D13 mm, sehingga jarak antar tulangan :

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{824,168} \\ &= 161,049 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 161,049 \text{ mm} < S_{\max} = 450 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan dengan spasi 70 mm, lalu 180 mm. Hal ini dikarenakan tulangan juga digunakan sebagai tempat untuk meletakkan *Bubble* sedemikian rupa.

$$\text{Sehingga Srata-rata} = \frac{70+180}{2} = 125 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai D 13 - 125 mm

Perhitungan Tulangan Tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $A_s \min \geq 1/3 A_s \text{ perlu}$
 $A_s \min \geq 1/3 \times 824,168$
 $A_s \min \geq 274,722 \text{ mm}^2$
 Dipakai tulangan D13, sehingga jarak antar tulangan :

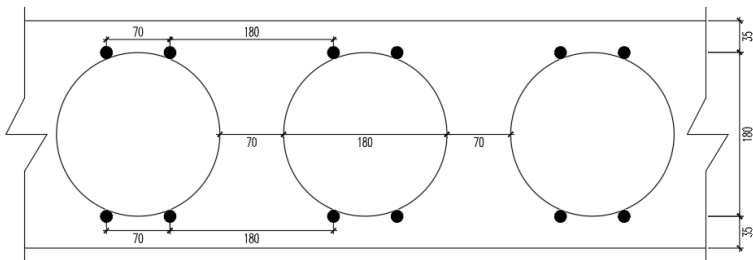
$$s = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{274,722}$$

$$= 483,149 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan dengan spasi 70 mm, lalu 180 mm. Hal ini dikarenakan tulangan juga digunakan sebagai tempat untuk meletakkan *Bubble* sedemikian rupa.

$$\text{Sehingga Srata-rata} = \frac{70+180}{2} = 125 \text{ mm}$$

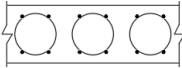
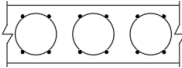
Jadi dipasang tulangan D 13 - 125 mm

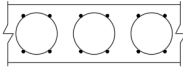
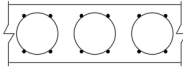


Gambar 4. 30. Detail BD230 Lajur Tengah Lapangan Arah X

4.7.2.2.3 Perencanaan Tulangan Arah Sumbu Y

Dengan melakukan tahapan yang sama dengan perhitungan tulangan arah sumbu X baik lajur kolom maupun lajur tengah, didapatkan tulangan arah sumbu Y sesuai Gambar 4. 31 :

LAJUR	KOLOM	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
TUL. ATAS	D13–125mm	D13–125mm
TUL. BAWAH	D13–125mm	D13–125mm

TENGAH	
TUMPUAN	LAPANGAN
	
D13–125mm	D13–125mm
D13–125mm	D13–125mm

Gambar 4. 31. Rekapitulasi Penulangan BD230 Arah Y

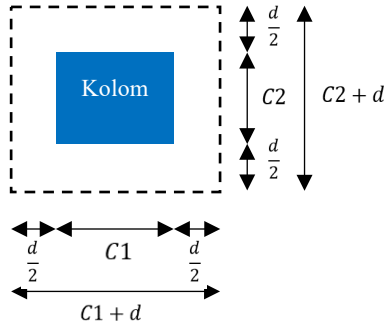
Dikarenakan *BubbleDeck* digunakan sebagai penahan gempa, maka *Bubble/Bola* di daerah sekitar lajur kolom dengan lebar tertentu ditiadakan. Detail lebih lanjut terdapat pada Lampiran.

4.7.2.2.4 Pemeriksaan Tebal Pelat Berdasarkan Syarat Gaya Geser Pada Muka Kolom

Dalam perencanaan pelat tanpa balok, pemeriksaan tebal pelat berdasarkan syarat geser perlu dilakukan. Hal ini dimaksudkan untuk menjamin tersedianya kekuatan geser yang cukup.

➤ Interior

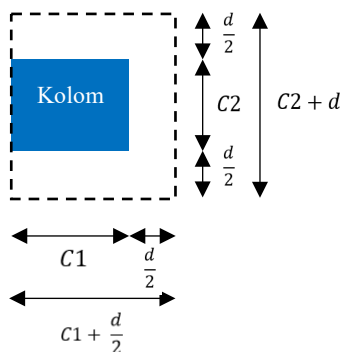
- Kolom 400x400



- V_u = 251055,7 N
- Pelat = 250 mm
- Drop Panel = 0 mm
- Selimut = 35 mm
- $C1, C2$ = 400, 400
- α_s kolom interior = 40
- d = $(250 + 0) - 35 - 13 - 13/2$
= 195,5 mm
- b_o = $2 \times (C1 + d + C2 + d)$
= 2382 mm
- A_o = $b_o \times d$
= 465681 mm²
- V_c = $\left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_{cx}} b_o \times d}{6}$
= 971924,33 N
- V_c = $\left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_{cx}} \times b_o \times d}{12}$
= 1502064,876 N
- V_c = $\frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_c}$
= 1291437,995 N
- V_c pakai = 971924,3312 N (Terkecil)
0,75 V_c pakai > V_u = 251055,7 N [Tidak butuh tulangan geser]

➤ **Eksterior**

- Kolom 400x400

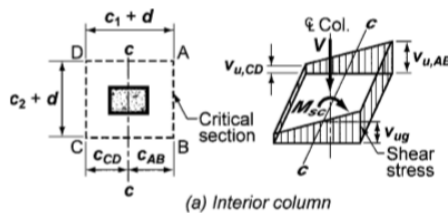


- V_u = 211546,3 N
 - Pelat = 250 mm
 - Drop Panel = 0 mm
 - Selimut = 35 mm
 - C1, C2 = 400, 400
 - α_s kolom Eksterior = 30
 - d = $(250 + 0) - 35 - 13 - 13/2$
= 195,5 mm
 - b_o = $2 \times (C1 + d/2 + C2 + d)$
= 2186,5 mm
 - A_o = $b_o \times d$
= 427460,75 mm²
 - V_c = $\left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_{cx}} b_o \times d}{6}$
= 892154,723 N
 - V_c = $\left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} \times b_o \times d}{12}$
= 1378784,572 N
 - V_c = $\frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_c}$
= 1050678,814 N
 - V_c pakai = 892154,723 N (Terkecil)
- 0,75 V_c pakai > V_u = 211546,3 N [Tidak butuh tulangan geser]

4.7.2.2.5 Penyaluran Momen Pada Pertemuan Kolom-Pelat

Menurut ACI 318-14 Pasal 8.4.4.2, apabila beban gravitasi, angin, gempa, atau beban lainnya menyebabkan penyaluran momen antara pelat dan kolom, maka sebagian dari momen tersebut dilimpahkan sebagai lentur sepanjang keliling penampang kritis dan sebagian lainnya sebagai gaya geser eksentris terhadap pusat penampang kritis. Oleh karena itu diperlukan peninjauan penyaluran momen terhadap kekuatan geser yang tersedia.

➤ Interior

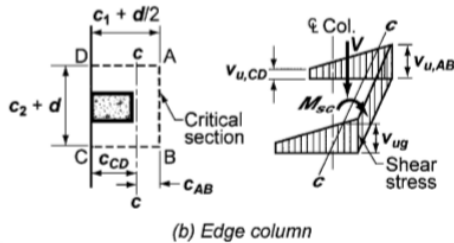


Gambar 4. 32. Distribusi Tegangan Geser Pada Kolom Interior

- Kolom 400x400
 - $V_u = 251055,7 \text{ N}$
 - $M_u = 53308000 \text{ N-mm}$
 - $d = 195,5 \text{ mm}$
 - $c_1 + d = c_2 + d = 400 + 195,5 = 595,5 \text{ mm}$
 - $C_{ab} = \frac{1}{2} \times 595,5 = 297,75 \text{ mm}$
 - $J_c = \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{d^3(c+d)}{6} + \frac{d(c_2+d)(c_1+d)^2}{2}$
 $= 28264920617 \text{ mm}^4$
 - $\gamma_v = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c_1+d}{c_2+d}}}$
 $= 0,4$
 - $v_u \text{ AB} = \frac{V_u}{A_o} + \frac{\gamma_v \times M_u \times C_{ab}}{J_c}$
 $= 0,763 \text{ N/mm}^2$

$$\begin{aligned}
 - \quad v_u \text{ CD} &= \frac{V_u}{A_o} - \frac{\gamma_v \times M_u \times C_{ab}}{J_c} \\
 &= 0,314 \text{ N/mm}^2 \\
 - \quad v_u \text{ perlu} &= 0,763 \text{ N/mm}^2 \\
 - \quad \phi_{vc} &= 1,56 \text{ N/mm}^2 \\
 v_u < \phi_{vc} & \text{ (Tidak butuh tulangan geser) }
 \end{aligned}$$

➤ **Eksterior**



Gambar 4. 33. Distribusi Tegangan Geser Pada Kolom Eksterior

- Kolom 400x400
- $V_u = 211546,3 \text{ N}$
- $M_u = 48469500 \text{ N-mm}$
- $d = 195,5 \text{ mm}$
- $c_1 + d/2 = 400 + 195,5/2 = 497,75 \text{ mm}$
- $c_2 + d = 400 + 238,5 = 595,5 \text{ mm}$
- $C_{ab} = \frac{1}{2} \times 595,5 = 248,875 \text{ mm}$
- $J_c = \frac{d(c_1 + d)^3}{6} + \frac{d^3(c_1 + d)}{6} + \frac{d(c_2 + d)(c_1 + d)^2}{2}$
 $= 19059902059 \text{ mm}^4$
- $\gamma_v = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c_1 + d}{c_2 + d}}}$
 $= 0,4$
- $v_u \text{ AB} = \frac{V_u}{A_o} + \frac{\gamma_v \times M_u \times C_{ab}}{J_c}$
 $= 0,748 \text{ N/mm}^2$
- $v_u \text{ CD} = \frac{V_u}{A_o} - \frac{\gamma_v \times M_u \times C_{ab}}{J_c}$
 $= 0,241 \text{ N/mm}^2$

- v_u perlu $= 0,748 \text{ N/mm}^2$
- $\phi v_c = 1,565 \text{ N/mm}^2$
- $v_u < \phi v_c$ (Tidak butuh tulangan geser)

4.7.2.2.6 Kontrol Lendutan

Kontrol lendutan ini berfungsi sebagai tolak ukur kenyamanan dalam pemakaian struktur, dimana struktur yang mengalami lentur harus memiliki kekakuan yang cukup untuk mengatasi lendutan, adapun ketentuan untuk pelat dua arah ini mengacu pada SNI 2847 – 2013 pasal 9.5 dengan rumusan :

$$\Delta_{ijin} > \Delta_{terjadi}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ terjadi} &= DL + LL \\
 &= 1,17 + 0,192 = 1,365 \text{ kg/cm} \\
 Mu &= 530163,3 \text{ kg-cm} \\
 E_c &= 4700 \times \sqrt{f'_c} \\
 &= 4700 \times \sqrt{40} = 297254,1 \text{ kg/cm}^2 \\
 I_s &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 25 \times 25^3 = 32552,08 \text{ cm}^4 \\
 I_c &= 0,25 \times \pi \times d^4 \\
 &= 0,25 \times \pi \times 9^4 = 5152,997 \text{ cm}^4 \\
 I_g &= I_s - I_c \\
 &= 27399,09 \text{ cm}^4 \\
 Fr &= 0,062 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \\
 &= 0,3921 \text{ n/mm}^2 \\
 Y_t &= 0,5 \times t \\
 &= 12,5 \text{ cm} \\
 M_{cr} &= \frac{f_r}{y_t} I_g \\
 &= \frac{0,3921}{125} 273990900 \\
 &= 858503,7 \text{ Nmm} = 8595,037 \text{ kg-cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{cr} &= \left(\frac{1}{3} \times b \times y^3\right) + (A_s \text{ Pasang} \times y t^2) \\
 &= \left(\frac{1}{3} \times 25 \times 12,5^3\right) + (82,41 \times 12,5^2) \\
 &= 20819,01 \text{ cm}^4 \\
 I_e &= \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 \times I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right) I_{cr} \\
 &= \left(\frac{8595,037}{530163,3}\right)^3 \times 27399,09 + \left(1 - \left(\frac{8595,037}{530163,3}\right)^3\right) \times 20819,04 \\
 &= 20819,04 \text{ cm}^4 \\
 \Delta_{terjadi} &= \frac{5}{384} \times \frac{q \text{ terjadi} \times L^4}{E \times I_e} \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{1,365 \times 840^4}{297254,1 \times 20819,04} \\
 &= 1,43 \text{ cm} = 14,3 \text{ mm} \\
 \Delta_{ijin} &= \frac{L}{360} = \frac{840}{360} = 2,33 \text{ cm} \\
 \Delta_{ijin} &> \Delta_{terjadi} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

4.7.3 Desain Drop Panel

Drop panel memiliki fungsi utama untuk mengurangi tegangan geser di sekitar kolom.

Data Perencanaan :

– Panjang	= 2800 mm
– Lebar	= 2800 mm
– Tebal	= 75 mm
– Mutu Beton	= 40 MPa
– Mutu Tulangan	= 400 MPa
– Decking	= 40 mm
– Diameter Tulangan	= 22 mm
– Tebal Pelat	= 300 mm
– Tebal Total	= 375 mm
– dx	= 375 – 40 – (22/2) = 324 mm
– dy	= 375 – 40 – 22 – (22/2) = 302 mm

Dari hasil analisis ETABS didapatkan momen yang bekerja pada drop panel adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} - M_x &= 240007000 \text{ N-mm} \\ - M_y &= 217261000 \text{ N-mm} \end{aligned}$$

4.7.3.1 Penulangan Drop Panel Arah X

$$\Phi = 0,9$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{40-28}{7} = 0,764$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600+400} \right) = 0,0389$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0389 = 0,0292$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,00395 \text{ (Menentukan !)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} = 0,00395$$

$$m = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b x d x^2} = \frac{240007000}{0,9 \times 1000 \times 324^2} = 2,54 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{11,764} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 2,54}{400}} \right) \\ &= 0,0066 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0,0035 < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} = 0,0292$$

Maka, dipakai $\rho = 0,0066$

$$\begin{aligned} A_s_{\text{perlu}} &= \rho \times 1000 \times dx \\ &= 2140,886 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \times f'_{cx} \times b} = \frac{2140,886 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 25,18 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{25,18}{0,764} = 32,95 \text{ mm}$$

$$E_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{324 - 32,95}{32,95} \times 0,003 = 0,0264$$

$E_t > 0,005$ [OK]

Jadi, faktor reduksi $\emptyset=0,90$ dapat digunakan

Syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 375 = 1125 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan D22 mm, sehingga jarak antar tulangan :

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{2140,886} = 177,55 \text{ mm}$$

$$S = 177,55 \text{ mm} < S_{\max} = 450 \text{ mm}$$

Sehingga, Tulangan yang dipakai D 22 - 150 mm

4.7.3.2 Penulangan Drop Panel Arah Y

$$\Phi = 0,9$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{40-28}{7} = 0,764$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600+400} \right) = 0,0389$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0389 = 0,0292$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,00395 \text{ (Menentukan !)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} = 0,00395$$

$$m = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d x^2} = \frac{217261000}{0,9 \times 1000 \times 302^2} = 2,64 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{11,764} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 2,64}{400}} \right)$$

$$= 0,0068$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0035 > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{max}} = 0,0292$$

Maka, dipakai $\rho = 0,0068$

$$A_s_{\text{perlu}} = \rho \times 1000 \times d x$$

$$= 2082,855 \text{ mm}^2$$

Cek nilai ϕ

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \times f'_{cx} \cdot b} = \frac{2082,855 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 24,5 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{24,5}{0,764} = 32,06 \text{ mm}$$

$$E_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{302 - 32,06}{32,06} \times 0,003 = 0,0252$$

$$E_t > 0,005 \text{ [OK]}$$

Jadi, faktor reduksi $\phi = 0,90$ dapat digunakan

Syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 375 = 1125 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan D22 mm, sehingga jarak antar tulangan :

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s_{\text{perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{2082,855}$$

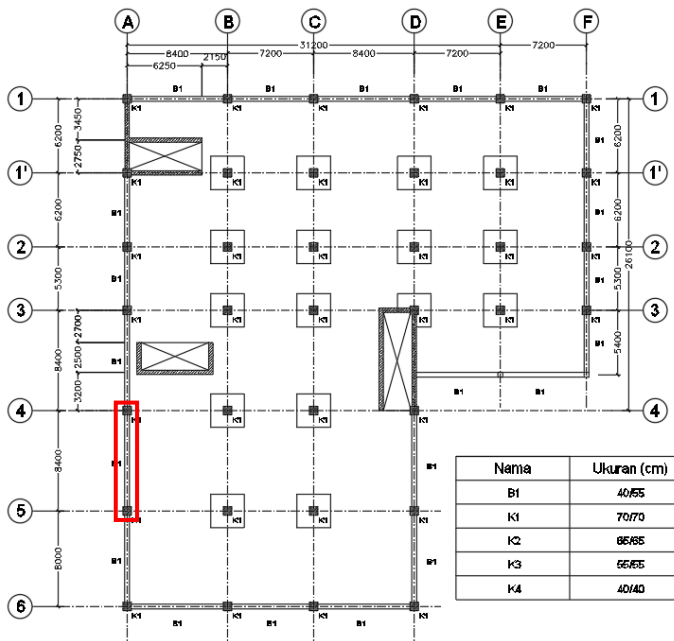
$$=182,5 \text{ mm}$$

$$S = 182,5 \text{ mm} < S_{\text{max}} = 450 \text{ mm}$$

Sehingga, Tulangan yang dipakai D 22 - 150 mm

4.7.4 Desain Balok Tepi

Balok merupakan salah satu komponen rangka yang harus direncanakan sebaik mungkin agar tidak terjadi kegagalan struktur dan dapat menjamin keamanan bagi penghuninya. Komponen balok sebagai rangka pemikul momen selain bertugas menerima beban gravitasi mati dan hidup, balok induk ini juga menerima beban akibat gaya gempa yang terjadi. Perancangan penulangan balok mengacu pada SNI 2847- 2013 pasal 21 mengenai ketentuan khusus untuk perencanaan gempa.



Gambar 4. 34. Denah Balok Tepi

Perencanaan balok tepi dilakukan setelah mendapatkan *output* dari program bantu ETABS. Hanya terdapat 1 jenis balok tepi pada perencanaan ini, yaitu ukuran 400x550 mm.

4.7.4.1 Data Perencanaan

Data- data perencanaan dibutuhkan dalam perhitungan balok tepi adalah sebagai berikut :

- Dimensi : 40/55
- Tebal Decking : 40 mm
- Diameter tul lentur : 25 mm
- Diameter tul sengkang : 13 mm
- Diameter tul torsi : 19 mm
- Mutu tul lentur (f'_y) : 400 MPa
- Mutu tul sengkang (f'_y) : 400 MPa
- Mutu beton : 40 MPa
- $d = h - (\text{decking} + D.\text{sengkang} + \frac{1}{2} D.\text{ tul lentur})$

$$= 550 - (40 + 13 + \frac{1}{2} \times 25)$$

$$= 484,5 \text{ mm}$$

- $d' = (\text{decking} + D.\text{sengkang} + \frac{1}{2} D.\text{ tul lentur})$

$$= (40 + 13 + \frac{1}{2} \times 25) = 65,5 \text{ mm}$$

- Menentukan harga β_1

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7}$$

$$= 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0,764$$

- Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut:
p_{balance}

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0389\end{aligned}$$

- Mencari ρ maksimum

$$\begin{aligned}\rho_{\text{maks}} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,039 = 0,029\end{aligned}$$

- Mencari ρ minimum

$$\begin{aligned}\rho_{\text{min}} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f_c}}{f_y} \\ \rho_{\text{min}} &= \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,0039 \\ \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\ \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{400} = 0,0035\end{aligned}$$

Diambil ρ minimum yang terbesar = 0,0039

- Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764$$

4.7.4.2 Penulangan Torsi

Perencanaan penampang yang diakibatkan oleh torsi harus didasarkan pada perumusan sebagai berikut :

$$\phi T_n \geq T_u \quad (\text{SNI 2847-2013 pasal (11.5.3.5)})$$

Perencanaan tulangan torsi berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.1, yaitu pengaruh torsi dapat diabaikan jika momen torsi terfaktor T_u kurang dari perumusan berikut :

$$T_u \leq \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \quad (\text{SNI 2847-2013 pasal (11.5.1)})$$

Dimana :

A_{cp} = Luas penampang total

P_{cp} = keliling penampang total

$\lambda = 1$ (beton normal) SNI 2847:2013 pasal 8.6.1

$\phi = 0,75$ (faktor reduksi beban torsi) SNI 2847:2013 pasal 9

- A_{cp} = luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton
 $= b \times h = 400 \times 550 = 220000 \text{ mm}^2$
- P_{cp} = keliling luar penampang beton
 $= 2 \times (b + h) = 2 \times (400 + 550) = 1900 \text{ mm}$
- $b_h = (b_{\text{balok}} - 2 \times t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}})$
 $= (400 - 2 \times 40 - 13) = 307 \text{ mm}$
- $h_h = (h_{\text{balok}} - 2 \times t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}})$
 $= (550 - 2 \times 40 - 13) = 457 \text{ mm}$
- A_{oh} = luasan penampang yang dibatasi tulangan sengkang
 $= 307 \times 457 = 140299 \text{ mm}^2$
- P_{oh} = keliling penampang yang dibatasi tulangan sengkang
 $= 2 \times (307 + 457) = 1528 \text{ mm}$

➤ Tumpuan

- $T_u = 70070000 \text{ N-mm}$
- $V_u = 92339 \text{ N}$

$$T_u \leq 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \cdot \left(\frac{220000^2}{1900} \right)$$

$70070000 \text{ N-mm} > 10029080 \text{ N-mm}$ (Memerlukan Tulangan Torsi)

- Kontrol Penampang

$$V_c = 1/6 \times b \times d \times \sqrt{f'_c}$$

$$= 1/6 \times 400 \times 484,5 \times \sqrt{40} = 204283,13 \text{ N}$$

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bd}\right)^2 + \left(\frac{TuPoh}{1,7Aoh^2}\right)^2} \leq \phi\left(\frac{Vc}{bd} + 0,66\sqrt{f'c}\right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{92339}{400 \times 484,5}\right)^2 + \left(\frac{70070000 \times 1528}{1,7 \times 140299^2}\right)^2} \leq 0,75\left(\frac{204283,13}{400 \times 484,5} + 0,66\sqrt{40}\right)$$

$$3,234 < 3,921(\text{OK})$$

- Perhitungan Penulangan Longitudinal

$$\begin{aligned} \frac{At}{s} &= \frac{Tn}{2xAoxfyxcot\theta} \\ \frac{At}{s} &= \frac{70070000}{0,75 \times 2 \times 140299 \times 400 \times cot(45^\circ)} = 0,98 \text{ mm}^2/\text{mm} \\ Al &= \frac{At}{s} \times Pohx \frac{fy}{fy} \times cot(45^\circ)^2 = 1496,34 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 Pasal 11.5.5.3, bila dibutuhkan tulangan torsi seperti disyaratkan melalui pasal 11.5.5.1, maka luas tulangan total minimum tulangan torsi longitudinal, Al_{\min} harus dihitung dengan rumus berikut ini :

$$\begin{aligned} Al \min &= \frac{0,42x\sqrt{f'c}xAcp}{fy} - \frac{At}{s} \times Pohx \frac{fy}{fy} \\ &= 35,36 \text{ mm}^2 < Al (\text{OK}) \end{aligned}$$

Tulangan longitudinal torsi dibagi menjadi 4 bagian yaitu, 25% ke kiri, 25% ke kanan, 25% ke atas, dan 25% ke bawah.

$$Al \text{ atas dan bawah} = 25\% \times 1496,34 = 374,08 \text{ mm}^2$$

$$Al \text{ kiri dan kanan} = 50\% \times 1496,34 = 748,17 \text{ mm}^2$$

$$N = \frac{Al}{Atulangan} = \frac{748,17}{0,25 \times \pi \times 19^2} = 2,6 = 4 \text{ buah}$$

Maka digunakan 4D19 yang masing masing dipasang 2D19 untuk sebelah kiri dan 2D19 untuk sebelah kanan.

➤ **Lapangan**

- $T_u = 63170000 \text{ N-mm}$
- $V_u = 21421 \text{ N}$

$$T_u \leq 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \cdot \left(\frac{220000^2}{1900} \right)$$

$63170000 \text{ N-mm} > 10029080 \text{ N-mm}$ (Memerlukan Tulangan Torsi)

- Kontrol Penampang

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \times b \times d \times \sqrt{f'c} \\ &= 1/6 \times 400 \times 484,5 \times \sqrt{40} = 204283,13 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{bd}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_{oh}}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{bd} + 0,66 \sqrt{f'c}\right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{21421}{400 \times 484,5}\right)^2 + \left(\frac{63170000 \times 1528}{1,7 \times 140299^2}\right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{204283,13}{400 \times 484,5} + 0,66 \sqrt{40}\right)$$

$$2,88 < 3,921 (\text{OK})$$

- Perhitungan Penulangan Longitudinal

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2x A_{ox} f_y x \cot \theta} \\ \frac{A_t}{s} &= \frac{63170000}{0,75 \times 2 \times 140299 \times 400 \times \cot(45^\circ)} = 0,88 \text{ mm}^2/\text{mm} \\ A_l &= \frac{A_t}{s} \times P_{oh} \times \frac{f_{yt}}{f_y} \times \cot(45^\circ)^2 = 1348,99 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 Pasal 11.5.5.3, bila dibutuhkan tulangan torsi seperti disyaratkan melalui pasal

11.5.5.1, maka luas tulangan total minimum tulangan torsi longitudinal, A_{lmin} harus dihitung dengan rumus berikut ini :

$$A_{lmin} = \frac{0,42x\sqrt{f'cx}A_{cp}}{f_y} - \frac{A_t}{s}xP_{oh}x\frac{f_{yt}}{f_y}$$

$$= 111,98 \text{ mm}^2 < A_l \text{ (OK)}$$

Tulangan longitudinal torsi dibagi menjadi 4 bagian yaitu, 25% ke kiri, 25% ke kakanan, 25% ke atas, dan 25% ke bawah.

$$A_l \text{ atas dan bawah} = 25\% \times 1348,99 = 337,248 \text{ mm}^2$$

$$A_l \text{ kiri dan kanan} = 50\% \times 1348,99 = 674,496 \text{ mm}^2$$

$$N = \frac{A_l}{A_{tulangan}} = \frac{624,845}{0,25x\pi x16^2} = 3,3 = 4 \text{ buah}$$

Maka digunakan 4D16 yang masing masing dipasang 2D16 untuk sebelah kiri dan 2D16 untuk sebelah kanan.

4.7.4.3 Penulangan Lentur

Dari hasil *output* ETABS didapatkan momen dari balok yang ditinjau seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4. 36 :

Tabel 4. 35. Momen Yang Terjadi Pada Balok Tepi

Lokasi	Momen (kN-m)
Tumpuan	206,148
	-181,266
Lapangan	99,9
	-124,271

4.7.4.3.1 Penulangan Lentur Tumpuan

➤ Tumpuan Positif

$$M_u = 206,148 \text{ kN-m}$$

$$\text{Asumsi } \phi = 0,9$$

$$m = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b x d^2} = \frac{206148000}{0,9 \times 400 \times 484,5^2} = 2,43 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{11,764} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 2,43}{400}} \right)$$

$$= 0,00633$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}} \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ Perlu} &= \rho \times b \times d + 25\% A_l \\ &= 0,00633 \times 400 \times 484,5 + 374,08 \\ &= 1564,899 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek nilai ϕ

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \times f_{cx} \times b} = \frac{1564,899 \times 400}{0,85 \times 40 \times 400} = 46,02 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{46,02}{0,764} = 60,22 \text{ mm}$$

$$E_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{484,5 - 60,22}{60,22} \times 0,003 = 0,0211$$

$$E_t > 0,005 \text{ [OK]}$$

Jadi, faktor reduksi $\phi=0,90$ dapat digunakan

$$N = \frac{A_s \text{ Perlu}}{A_{\text{tulangan}}} = \frac{1564,899}{0,25 \times \pi \times 25^2} = 3,2 = 4 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{b - 2 \text{ decking} - 2 \text{ tul.sengkan} - n \text{ tul.utama}}{n-1} \\ &= \frac{400 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 4 \times 25}{4-1} \\ &= 64,67 \text{ mm} < 25 \text{ mm (OK)} \end{aligned}$$

Digunakan 4D25

Penulangan Bagian Tekan

$$\begin{aligned}\text{As Perlu} &= 0,5 \times 1564,899 \\ &= 782,449 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$N = \frac{\text{As Perlu}}{\text{Atulangan}} = \frac{782,449}{0,25 \times \pi \times 25^2} = 1,6 = 2 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}S &= \frac{b - 2\text{decking} - 2\text{tul.sengakang} - n\text{tul.utama}}{n-1} \\ &= \frac{400 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 2 \times 25}{2-1} \\ &= 244 \text{ mm} < 25 \text{ mm (OK)}\end{aligned}$$

Digunakan 2D25

➤ Tumpuan Negatif

$$\text{Mu} = 181,266 \text{ kN-m}$$

$$\text{Asumsi } \emptyset = 0,9$$

$$m = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764$$

$$R_n = \frac{\text{Mu}}{\emptyset b x d^2} = \frac{181266000}{0,9 \times 400 \times 484,5^2} = 2,14 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}\rho \text{ perlu} &= \frac{1}{11,764} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 2,14}{400}} \right) \\ &= 0,0055\end{aligned}$$

$$\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu} < \rho \text{ max (OK)}$$

$$\begin{aligned}\text{As Perlu} &= \rho \times b \times d + 25\%A_l \\ &= 0,0055 \times 400 \times 484,5 + 374,08 \\ &= 1411,52 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \times f_{cx} \times b} = \frac{1411,52 \times 400}{0,85 \times 40 \times 400} = 41,5 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{41,5}{0,764} = 54,31 \text{ mm}$$

$$E_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{484,5 - 54,31}{54,31} \times 0,003 = 0,0237$$

$$E_t > 0,005 \text{ [OK]}$$

Jadi, faktor reduksi $\phi=0,90$ dapat digunakan

$$N = \frac{As \text{ Perlu}}{Atulangan} = \frac{1411,52}{0,25 \times \pi \times 25^2} = 2,8 = 3 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{b - 2decking - 2tul.sengakang - nttul.utama}{n-1} \\ &= \frac{400 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 3 \times 25}{3-1} \\ &= 109,5 \text{ mm} < 25 \text{ mm (OK)} \end{aligned}$$

Digunakan 3D25

Penulangan Bagian Tekan

$$\begin{aligned} As \text{ Perlu} &= 0,5 \times 1411,52 \\ &= 705,763 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$N = \frac{As \text{ Perlu}}{Atulangan} = \frac{705,763}{0,25 \times \pi \times 25^2} = 1,4 = 2 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{b - 2decking - 2tul.sengakang - nttul.utama}{n-1} \\ &= \frac{400 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 2 \times 25}{2-1} \\ &= 244 \text{ mm} < 25 \text{ mm (OK)} \end{aligned}$$

Digunakan 2D25

4.7.4.3.2 Analisa Tulangan Rangkap Tumpuan

Direncanakan menggunakan tulangan 5D22 pada serat atas tumpuan dan 4D22 pada serat bawah tumpuan.

➤ Momen Positif

$$M_u = 206148000 \text{ N-mm}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bxd} = \frac{1963,49}{400 \times 484,5} = 0,0101$$

$$\rho' = \frac{A_s'}{bxd} = \frac{1472,62}{400 \times 484,5} = 0,0076$$

$$\begin{aligned} \rho_{cy} &= \frac{0,85x f'_{cx} \beta_{1x} d'}{f_{yxd}} \times \frac{600}{600 - f_y} + \rho' \\ &= \frac{0,85 \times 40 \times 0,764 \times 65,5}{400 \times 484,5} \times \frac{600}{600 - 400} + 0,0076 = 0,0339 \end{aligned}$$

$\rho < \rho_{cy}$ (Tulangan Tekan Belum Leleh)

$$A_s f_y = 0,85 \times f'_{cx} \times a \times b + A_s' (f'_s - 0,85 f'_{cx})$$

$$a = \frac{A_s \times f_y - A_s' (f'_s - 0,85 f'_{cx})}{0,85 \times f'_{cx} \times b}; a = \beta_1 \times c$$

$$0,764c = \frac{1963,49 \times 400 - 1472,62 (600 \frac{c-65,5}{c} - 0,85 \times 40)}{0,85 \times 40 \times 400}$$

Lalu akan didapatkan persamaan kuadrat dengan variable c, sehingga didapatkan $c = 72,33 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 \times c = 0,764 \times 72,33 = 55,28 \text{ mm}$$

$$f'_s = 600 \frac{72,33 - 65,5}{72,33} = 55,28 \text{ MPa} < f_y \text{ (Belum Leleh)}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times 0,85 \times f'_{cx} \times a \times b \left(d - \frac{a}{2}\right) + A_s' \times (f'_s - 0,85 f'_{cx}) \times (d - d') \\ &= 321710036,1 \text{ N-mm} > M_u \text{ (OK)} \end{aligned}$$

➤ Momen Negatif

$$M_u = 181266000 \text{ N-mm}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bxd} = \frac{1472,62}{400 \times 484,5} = 0,007$$

$$\rho' = \frac{A_s'}{bxd} = \frac{1963,49}{400 \times 484,5} = 0,010$$

$$\rho_{cy} = \frac{0,85x f'_{cx} \beta_{1x} d'}{f_{yxd}} \times \frac{600}{600 - f_y} + \rho'$$

$$= \frac{0,85 \times 40 \times 0,764 \times 65,5}{400 \times 484,5} \times \frac{600}{600 - 400} + 0,010 = 0,0036$$

$\rho < \rho_{cy}$ (Tulangan Tekan Belum Leleh)

$$A_s f_y = 0,85 \times f'_c \times a \times b + A_s' (f'_s - 0,85 f'_c)$$

$$a = \frac{A_s \times f_y - A_s' (f'_s - 0,85 f'_c)}{0,85 \times f'_c \times b}; a = \beta_1 \times c$$

$$0,764c = \frac{1472,62 \times 400 - 1963,49(600 \frac{c-65,5}{c} - 0,85 \times 40)}{0,85 \times 40 \times 400}$$

Lalu akan didapatkan persamaan kuadrat dengan variable c, sehingga didapatkan $c = 114,87 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 \times c = 0,764 \times 114,87 = 87,79 \text{ mm}$$

$$f'_s = 600 \frac{87,79 - 65,5}{87,79} = 257,87 \text{ MPa} < f_y \text{ (Belum Leleh)}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times 0,85 \times f'_c \times a \times b \left(d - \frac{a}{2}\right) + A_s' \times (f'_s - 0,85 f'_c) \times (d - d') \\ &= 639232957,1 \text{ N-mm} > M_u \text{ (OK)} \end{aligned}$$

4.7.4.3.3 Penulangan Lentur Lapangan

➤ Lapangan Positif

$$M_u = 99,99 \text{ kN-m}$$

$$\text{Asumsi } \phi = 0,9$$

$$m = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{99990000}{0,9 \times 400 \times 484,5^2} = 1,18 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{11,764} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 1,18}{400}} \right)$$

$$= 0,0030$$

$$\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}} \text{ (NOT OK)}$$

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ pakai} &= 0,0039 \\
 \text{As Perlu} &= \rho \times b \times d + 25\%A1 \\
 &= 0,0039 \times 400 \times 484,5 + 337,24 \\
 &= 1103,31 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek nilai Ø

$$a = \frac{\text{As. fy}}{0,85 \times f'_{cx} \times b} = \frac{1103,31 \times 400}{0,85 \times 40 \times 400} = 32,45 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{32,45}{0,764} = 42,45 \text{ mm}$$

$$E_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{484,5 - 42,45}{42,45} \times 0,003 = 0,031$$

$$E_t > 0,005 \text{ [OK]}$$

Jadi, faktor reduksi $\phi=0,90$ dapat digunakan

$$N = \frac{\text{As Perlu}}{\text{Atulangan}} = \frac{1103,31}{0,25 \times \pi \times 25^2} = 2,2 = 3 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{b - 2\text{decking} - 2\text{tul.sengkang} - n\text{tul.utama}}{n-1} \\
 &= \frac{400 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 3 \times 25}{3-1} \\
 &= 109,5 \text{ mm} < 25 \text{ mm (OK)}
 \end{aligned}$$

Digunakan 3D25

Penulangan Bagian Tekan

$$\begin{aligned}
 \text{As Perlu} &= 0,5 \times 1103,31 \\
 &= 551,65 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$N = \frac{\text{As Perlu}}{\text{Atulangan}} = \frac{551,65}{0,25 \times \pi \times 25^2} = 1,1 = 2 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{b - 2\text{decking} - 2\text{tul.sengkang} - n\text{tul.utama}}{n-1} \\
 &= \frac{400 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 2 \times 25}{2-1}
 \end{aligned}$$

$$= 244 \text{ mm} < 25 \text{ mm (OK)}$$

Digunakan 2D25

➤ **Lapangan Negatif**

$$M_u = 124,271 \text{ kN-m}$$

$$\text{Asumsi } \phi = 0,9$$

$$m = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b x d^2} = \frac{124271000}{0,9 \times 400 \times 484,5^2} = 1,47 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{11,764} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 1,47}{400}} \right)$$

$$= 0,0037$$

$\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}}$ (NOT OK)

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0039$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ Perlu} &= \rho \times b \times d + 25\% A_l \\ &= 0,0039 \times 400 \times 484,5 + 337,24 \\ &= 1103,31 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek nilai ϕ

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \times f'_{cx} \cdot b} = \frac{1103,31 \times 400}{0,85 \times 40 \times 400} = 32,45 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{32,45}{0,764} = 42,45 \text{ mm}$$

$$E_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{484,5 - 42,45}{42,45} \times 0,003 = 0,031$$

$E_t > 0,005$ [OK]

Jadi, faktor reduksi $\phi=0,90$ dapat digunakan

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{As \text{ Perlu}}{Atulangan} = \frac{1103,31}{0,25 \times \pi \times 25^2} = 2,2 = 3 \text{ buah} \\
 S &= \frac{b-2decking-2tul.senggang-nttul.utama}{n-1} \\
 &= \frac{400-2 \times 40-2 \times 13-3 \times 25}{3-1} \\
 &= 109,5 \text{ mm} < 25 \text{ mm (OK)}
 \end{aligned}$$

Digunakan 3D25

Penulangan Bagian Tekan

$$\begin{aligned}
 As \text{ Perlu} &= 0,5 \times 1103,31 \\
 &= 551,65 \text{ mm}^2 \\
 N &= \frac{As \text{ Perlu}}{Atulangan} = \frac{551,65}{0,25 \times \pi \times 25^2} = 1,1 = 2 \text{ buah} \\
 S &= \frac{b-2decking-2tul.senggang-nttul.utama}{n-1} \\
 &= \frac{400-2 \times 40-2 \times 13-2 \times 25}{2-1} \\
 &= 244 \text{ mm} < 25 \text{ mm (OK)}
 \end{aligned}$$

Digunakan 2D25

4.7.4.3.4 Analisa Tulangan Rangkap Lapangan

Direncanakan menggunakan tulangan 3D25 pada serat atas Lapangan dan 3D25 pada serat bawah lapangan.

➤ Momen Positif

$$\begin{aligned}
 Mu &= 99900000 \text{ N-mm} \\
 \rho &= \frac{As}{bxd} = \frac{1472,62}{400 \times 484,5} = 0,007 \\
 \rho' &= \frac{As'}{bxd} = \frac{1472,62}{400 \times 484,5} = 0,007 \\
 \rho_{cy} &= \frac{0,85xf'cx\beta_1xd'}{f_yxd} \times \frac{600}{600-f_y} + \rho'
 \end{aligned}$$

$$= \frac{0,85 \times 40 \times 0,764 \times 65,5}{400 \times 484,5} \times \frac{600}{600 - 400} + 0,007 = 0,0339$$

$\rho < \rho_{cy}$ (Tulangan Tekan Belum Leleh)

$$As_{fy} = 0,85 \times f'_c \times a \times b + As'(f'_s - 0,85f'_c)$$

$$a = \frac{As \times f_y - As'(f'_s - 0,85f'_c)}{0,85 \times f'_c \times b}; a = \beta_1 \times c$$

$$0,764c = \frac{1472,62 \times 400 - 1472,62(600 \frac{c-65,5}{c} - 0,85 \times 40)}{0,85 \times 40 \times 400}$$

Lalu akan didapatkan persamaan kuadrat dengan variable c, sehingga didapatkan $c = 87,3 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 \times c = 0,764 \times 87,3 = 66,72 \text{ mm}$$

$$f'_s = 600 \frac{87,3 - 65,5}{87,3} = 149,82 \text{ MPa} < f_y \text{ (Belum Leleh)}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times 0,85 \times f'_c \times a \times b \left(d - \frac{a}{2}\right) + As' \times (f'_s - 0,85f'_c) \times (d - d') \\ &= 423758053,5 \text{ N-mm} > M_u \text{ (OK)} \end{aligned}$$

➤ Momen Negatif

$$M_u = 124271000 \text{ N-mm}$$

$$\rho = \frac{As}{bxd} = \frac{1472,62}{400 \times 484,5} = 0,007$$

$$\rho' = \frac{As'}{bxd} = \frac{1472,62}{400 \times 484,5} = 0,007$$

$$\begin{aligned} \rho_{cy} &= \frac{0,85 \times f'_c \times \beta_1 \times d'}{f_y \times d} \times \frac{600}{600 - f_y} + \rho' \\ &= \frac{0,85 \times 40 \times 0,764 \times 65,5}{400 \times 484,5} \times \frac{600}{600 - 400} + 0,007 = 0,0339 \end{aligned}$$

$\rho < \rho_{cy}$ (Tulangan Tekan Belum Leleh)

$$As_{fy} = 0,85 \times f'_c \times a \times b + As'(f'_s - 0,85f'_c)$$

$$a = \frac{As \times f_y - As'(f'_s - 0,85f'_c)}{0,85 \times f'_c \times b}; a = \beta_1 \times c$$

$$0,764c = \frac{1472,62 \times 400 - 1472,62(600 \frac{c-65,5}{c} - 0,85 \times 40)}{0,85 \times 40 \times 400}$$

Lalu akan didapatkan persamaan kuadrat dengan variable c , sehingga didapatkan $c = 87,3 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 \times c = 0,764 \times 87,3 = 66,72 \text{ mm}$$

$$f'_s = 600 \frac{87,3-65,5}{87,3} = 149,82 \text{ MPa} < f_y \text{ (Belum Leleh)}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times 0,85 \times f'_c \times a \times b \left(d - \frac{a}{2}\right) + A_s' \times (f'_s - 0,85f'_c) \times (d - d') \\ &= 423758053,5 \text{ N-mm} > M_u \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Tabel 4. 36. Rekapitulasi Penulangan Lentur Balok Tepi

Lokasi		n	D
Tumpuan	Atas	3	25
	Bawah	4	25
Lapangan	Atas	3	25
	Bawah	3	25

4.7.4.4 Penulangan Geser

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1 persamaan yang digunakan dalam menghitung tulangan geser adalah sebagai berikut:

$$M_{pr} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$a = \frac{A_s \times 1,25 \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

Tabel 4. 37. Nilai M_{pr} Tumpuan Balok Tepi

Lokasi		n	D	A_s	a_{pr}	$M_{Pr} \text{ (n-mm)}$
Tumpuan	Atas	3	25	1472,622	54,140498	336810455,8
	Bawah	4	25	1963,495	72,187331	440221889,4

4.7.4.4.1 Penulangan Geser Daerah Sendi Plastis

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.4.2 bahwa tulangan transversal untuk memikul geser dengan menganggap $V_c = 0$, apabila:

- $V_e > 0,5V_u$

$$\frac{336810455,8 + 4420221889,4}{8400} > 0,5 \times 150410$$

$$92503,85 \text{ N} > 75205 \text{ N (OK)}$$
- Gaya Aksial $< A_g \times f'_c / 20$
 Gaya aksial tekan pada balok sangatlah kecil.

Karena memenuhi, maka dianggap $V_c = 0$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} = \frac{92339}{0,75} = 123118,67 \text{ N}$$

$$A_v/s = \frac{V_s}{f_y \times d} = \frac{123118,67}{265,46 \times 400 \times 484,5} = 0,63 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Untuk menahan gaya geser dan torsi yang terjadi maka :

$$A_{vt}/s = 2 \frac{A_t}{s} + \frac{A_v}{s} = 1,61 \text{ mm}^2/\text{mm}^2$$

Digunakan 2D13 ($A_{vt} = 265,46 \text{ mm}^2$)

$$s = \frac{A_{vt}}{2,18} = \frac{265,46}{1,61} = 164,41 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2 bahwa sengkang harus disediakan di sepanjang sendi plastis pada kedua ujung balok dengan panjang $2h = 2 \times 550 = 1100 \text{ mm}$ dengan jarak sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

- $d/4 = 484,5/4 = 121,125 \text{ mm}$
- $6 \times D_{tul} = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$
- 150 mm

Digunakan $S_{max} = 121,125 \text{ mm}$. Karena $s > s_{max}$ maka digunakan $s = 120 \text{ mm}$

Dipakai 2D13-120mm sepanjang sendi plastis.

4.7.4.4.2 Penulangan Geser Diluar Sendi Plastis

$$V_c = \frac{\sqrt{f'_c} \times b \times d}{6} = \frac{\sqrt{40} \times 400 \times 484,5}{6} = 203283,13 \text{ N}$$

Dibutuhkan tulangan geser apabila :

$$V_u > \phi 0,5 V_c$$

$$46130 \text{ N} > 0,75 \times 0,5 \times 203283,13 \text{ N}$$

$$46130 \text{ N} < 76606,17 \text{ N (Tidak Butuh Tulangan Geser)}$$

Karena tidak butuh tulangan geser, maka sesuai SNI 2847-2013 Pasal 21.5.3.4, dibutuhkan tulangan geser dengan spasi tidak lebih dari $d/2$.

$$s = d/2 = 484,5/2 = 242,25 \text{ mm}$$

Maka digunakan 2D13-200mm diluar sendi plastis.

4.7.4.5 Panjang Penyaluran Tulangan

Menurut SNI 2847:2013 pasal 12.5.1, panjang penyaluran L_{dh} untuk tulangan tarik dengan kait standar 90° dalam beton berat normal adalah sebagai berikut :

- $L_{dh} > 8 \times D_b = 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$
- $L_{dh} > 150 \text{ mm}$
- $L_{dh} = \frac{0,24 \times \psi \times f_y \times d_b}{\lambda \times \sqrt{f'_c}} = 379,47 \text{ mm}$

Maka dipakai $L_{dh} = 400 \text{ mm}$ masuk ke dalam kolom, dengan Panjang kait $12D_b = 300 \text{ mm}$

4.7.5 Desain Kolom

Dalam Desain struktur kolom pada tugas akhir ini, kolom didesain sebagai berikut :

- Ketinggian Lantai = 4 m
- Dimensi Kolom :
 - 700x700mm
 - 650x650mm
 - 550x550mm
 - 400x400mm

Contoh perhitungan menggunakan ukuran kolom 700x700. Berdasarkan hasil Analisa ETABS didapatkan gaya yang bekerja pada kolom tersebut adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_u &= 5311,448 \text{ kN} \\ V_u &= 368,1642 \text{ kN} \\ M_2 &= 411,7949 \text{ kN-m} \\ M_3 &= 461,2354 \text{ kN-m} \\ T_u &= 8,6243 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

4.7.5.1 Data Perencanaan

- Dimensi Kolom : 1000 mm x 1000 mm
- Tinggi Kolom : 3400 mm
- Decking : 40 mm
- Ø Tul. Utama : 29 mm
- Ø Tul. Sengkang : 16 mm
- Mutu baja (f_y) : 400 MPa
- Mutu beton (f'_c) : 40 MPa

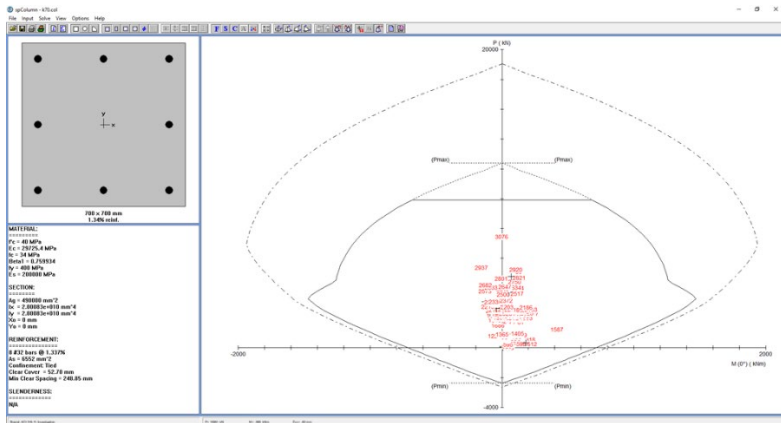
4.7.5.2 Kontrol Dimensi Kolom

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1, kolom sebagai penahan gaya gempa dan yang menahan tekan aksial harus memenuhi :

- Menerima beban aksial berfaktor lebih besar dari $A_g \alpha f'_c / 10$
 $5311,448 \text{ kN} > \frac{700 \times 700 \times 40}{10} = 1960 \text{ kN (OK)}$
- Dimensi terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm
 $700 \text{ mm} > 300 \text{ mm (OK)}$
- Rasio dimensi lebih besar dari 0,4
 $1 > 0,4 \text{ (OK)}$

4.7.5.3 Penulangan Longitudinal Kolom

Direncanakan kolom menggunakan tulangan 8D32. Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian kolom dianalisa menggunakan program bantu SPColumn dan didapatkan diagram interaksi sesuai Gambar 4. 35 :



Gambar 4. 35. Diagram Interaksi Kolom

Dari hasil analisa didapatkan bahwa beban yang di masukkan dapat diterima oleh kolom sepenuhnya. Menurut SNI 2847 :2013 pasal 21.6.3.1 , luas tulangan memanjang, Ast, tidak boleh kurang dari 0.01 Ag atau lebih dari 0.06 Ag.

$$A_{st} = 8 \times \pi \times 16^2 = 6552 \text{ mm}^2$$

$$A_g = 700 \times 700 = 490000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Rasio Tulangan} = 6552 / 490000 = 1,31\%$$

$$1\% < A_{st} < 6\% \text{ (OK)}$$

Berdasarkan SNI 2847:13, pasal 16.5.1.3 (a), kolom pracetak harus mempunyai kekuatan nominal dalam kondisi tarik tidak kurang dari 1,4Ag dalam N

$$A_s \times f_y > 1,4A_g$$

$$6552 \times 400 > 1,4 \times 490000$$

$$2573593 > 686000 \text{ (OK)}$$

4.7.5.4 Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom Terhadap Beban Aksial Terfaktor

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.3.6.2 : kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0.8 \phi (0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y (A_{st})) \\ &= 0,8 \times 0,65 \times (0,85 \times 40 \times (490000 - 6552) + 400 \times 6552) \end{aligned}$$

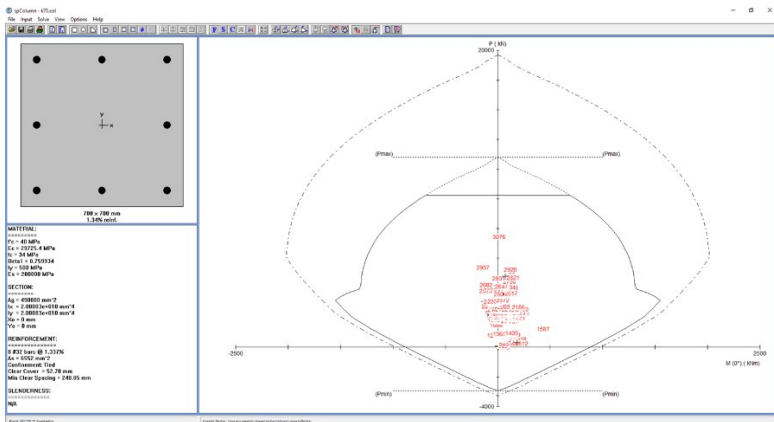
Sehingga:

$$\phi P_n = 9887715,4 \text{ N} > P_u = 5311448 \text{ N} \quad (\text{OK})$$

4.7.5.5 Kontrol Gaya Tekan Terhadap Gaya Geser Rencana

Gaya geser rencana, V_e , untuk menentukan kebutuhan tulangan geser kolom menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1.

$$f_s = 1,25 \times f_y = 1,25 \times 400 = 500 \text{ MPa}$$



Gambar 4. 36. Diagram Interaksi Kolom Akibat f_s

$$L_n = 4000 \text{ mm}$$

$$M_{prx} = 1140,47 \text{ kNm}$$

$$V_{ex} = \frac{2 \times M_{pr}}{L_n} = \frac{2 \times 1140,47}{4}$$

$$V_{ex} = 570,23 \text{ kN} > V_u = 335,31 \text{ kN (OK)}$$

$$L_n = 4000 \text{ mm}$$

$$M_{pry} = 1277,4 \text{ kNm}$$

$$V_{ey} = \frac{2 \times M_{pr}}{L_n} = \frac{2 \times 1277,4}{4}$$

$$V_{ey} = 638,7 \text{ kN} > V_u = 335,31 \text{ kN (OK)}$$

4.7.5.6 Penulangan Geser

Menurut SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.1, tulangan transversal harus dipasang sepanjang l_o dari setiap muka joint. Panjang l_o tidak boleh kurang dari yang terbesar :

- H balok = 550 mm
- $1/6 l_n = 666,67 \text{ mm}$
- 450 mm

Maka, diambil panjang $l_o = 700 \text{ mm}$

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.3, spasi tulangan transversal sepanjang l_o komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

- $1/4$ dimensi kolom terkecil = 100 mm
- $6d_b = 192 \text{ mm}$
- $100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) = 100 + \left(\frac{350 - 300,5}{3} \right) = 116,5 \text{ mm}$

Maka, diambil $s = 100 \text{ mm}$

$A_{sh_{min}}$ sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4 diperoleh dari nilai terbesar dari hasil rumus berikut :

$$Ash = \frac{0,3s.bc.f'c}{f_{yt}} \left(\left(\frac{Ag}{Ach} \right) - 1 \right)$$

Dan

$$Ash = 0,09 \frac{s.bc.f'c}{f_{yt}}$$

Dengan asumsi bahwa $s = 100$ mm, $F_{yt} = 400$ MPa, selimut beton = 40 mm dan $D = 19$ mm. sehingga diperoleh :

$$bcx = 700 - 80 - 19 = 601 \text{ mm}$$

$$Ach = bcx \times bcx = 361201 \text{ mm}^2$$

$$Ash = \frac{0,3 \times 100 \times 601 \times 40}{400} \left(\left(\frac{490000}{361201} \right) - 1 \right) = 642,92 \text{ mm}^2$$

$$Ash = 0,09 \frac{100 \times 601 \times 40}{400} = 540,9 \text{ mm}^2$$

Maka, dipakai 3D19-100 mm ($A_v = 850,586 \text{ mm}^2$)

Dalam sambungan antar kolom maupun kolom dengan pondasi digunakan splice sleeve sebagai strong connection dimana sambungan jenis ini menyebabkan daerah sendi plastis bergeser menjadi daerah sendi plastis ditambah dengan daerah strong connection tersebut.

lo pakai = 700 + 455 (Panjang splice sleeve 10-UX) = 1155 mm

$$\begin{aligned} Vc &= 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14 \times Ag} \right) \sqrt{40} \times b \times d \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{5191615}{14 \times 700 \times 700} \right) \sqrt{40} \times 700 \times 700 \\ &= 925542,014 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vs &= \frac{Av \times f_y \times d}{S} \\ &= \frac{850,586 \times 400 \times 700}{100} \\ &= 2381641,391 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi(Vs + Vc) &= 0,75(2381641,391 + 925542,014) \\ &= 2480387,55 \text{ N} \geq Vu = 368164,2 \text{ N (OK)} \end{aligned}$$

Sehingga 3D19-100mm dapat digunakan sepanjang lo

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.5, luar Panjang lo yang ditetapkan, kolom harus mengandung tulangan spiral atau sengkang dengan spasi yang tidak melebihi yang terkecil :

- 6db = 192 mm
- 150 mm

Sehingga untuk diluar lo, digunakan 3D150 mm

4.7.5.7 Penulangan Torsi

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.5.2.2, pengaruh puntir untuk struktur non-prategang yang dibebani tarik atau tekan aksial dapat diabaikan bila nilai momen puntir kurang dari :

$$\begin{aligned}\phi T_n &= \phi 0.33 \sqrt{f'c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{Nu}{0.33 \sqrt{f'c}}} \\ \phi T_n &= 0.65 \cdot 0.33 \sqrt{40} \left(\frac{490000^2}{2800} \right) \sqrt{1 + \frac{5191615}{0.33 \sqrt{40}}} \\ \phi T_n &= 183472419463 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi T_n &> T_u \\ 183472 \text{ KNm} &> 8,6243 \text{ KNm}\end{aligned}$$

Maka tulangan torsi tidak dibutuhkan.

4.7.5.8 Persyaratan Strong Column Weak Beam

Sesuai dengan filosofi desain kapasitas, maka SNI 2847:2013 pasal 21.6.2 mensyaratkan bahwa.

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \times \sum M_{nb}$$

Dari SPColumn didapatkan :

$$\sum M_{nc} = 2 \times 1897,97 = 3795,94 \text{ kN-m}$$

Dari perhitungan balok sebelumnya, didapatkan :

$$\sum M_{nb} = 630,48 \text{ kN-m}$$

Sehingga :

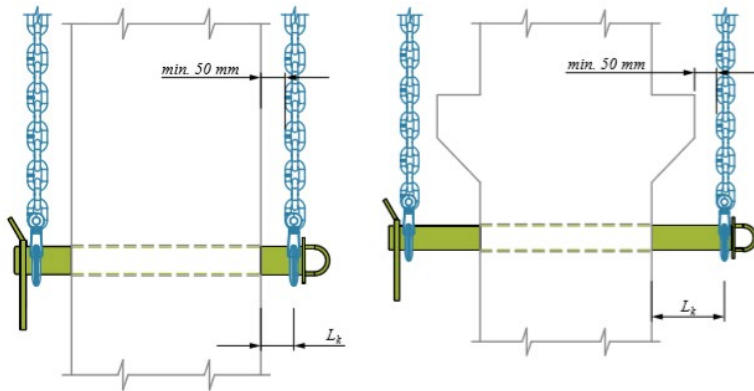
$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \times \sum M_{nb}$$

$$3795,94 > 1,2 \times 630,48$$

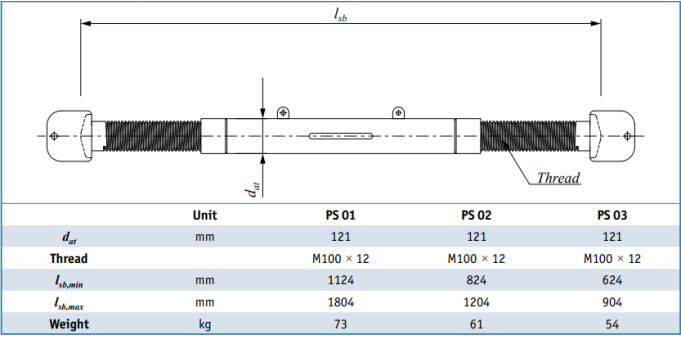
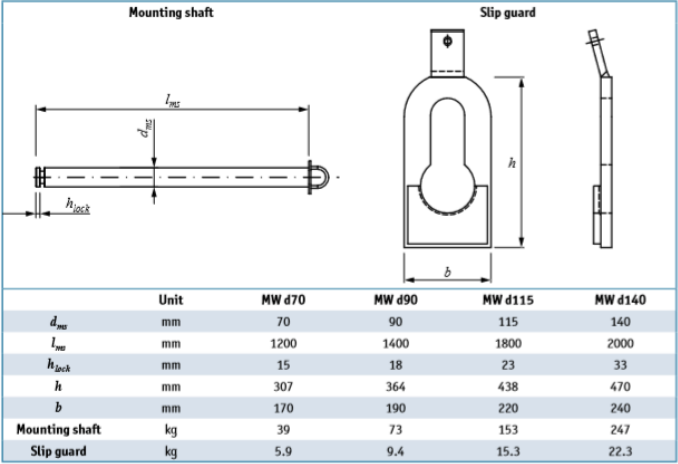
$$3795,94 > 756,58 \text{ (OK)}$$

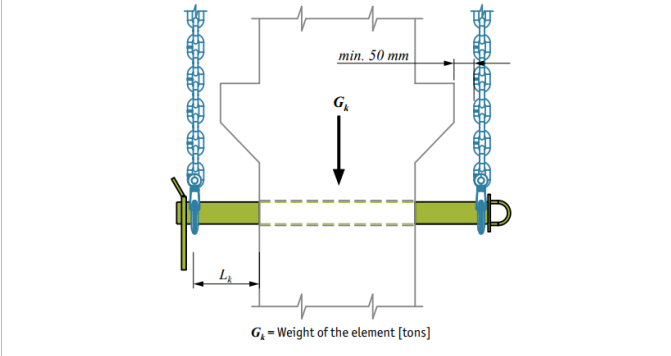
4.7.5.9 Pengangkatan Kolom Pracetak

Sistem yang digunakan dalam pengangkatan kolom adalah *colift mounting system* dari *Peikko*. Dimana pada sistem ini mengangkat kolom secara vertical sehingga lebih mudah dalam pelaksanaannya.



Gambar 4. 37. Pengangkatan Kolom Menggunakan *Colift Mounting System*
(Sumber : Peikko)





Spacing Length		MW d70 SWL [t]	MW d90 SWL [t]	MW d115 SWL [t]	MW d140 SWL [t]
L_k [mm]	50	15.8	37.0	58.0	90.0
	250	7.0	15.5	26.5	45.5
	300	6.3	13.0	23.0	40.0
	350	5.6	11.5	20.0	35.5

Gambar 4. 38. Spesifikasi *Colift Mounting System*
(Sumber : Peikko)

Digunakan mounting tipe MWd70 dengan *Rope Strut* tipe PS01.

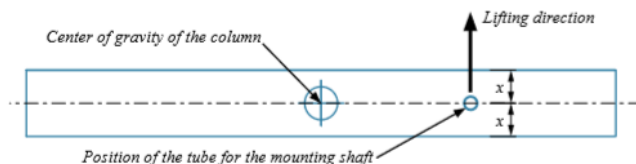
$$L_k = 50 \text{ mm}$$

$$L_s = \text{Kolom} + 2L_k$$

$$= 700 + 2 \times 50$$

$$= 800 \text{ mm} \leq 1200 \text{ mm (OK)}$$

$$\text{Berat kolom} = 2400 \times 0,7 \times 0,7 \times 4 = 4704 \text{ kg} < 15800 \text{ kg (OK)}$$



Gambar 4. 39. Letak Titik Angkat Kolom

Letak *Mounting Shaft* diambil pada $\frac{3}{4}$ ketinggian kolom

$$h' = \frac{3}{4} \times 4 = 3 \text{ m}$$

$$D_{\text{lubang}} = 1,5 D_{\text{shaft}} = 1,5 \times 70 = 105 \text{ mm}$$

Kontrol Tulangan tarik

Berat kolom yang menyebabkan Tarik :

$$P_u = 0,7 \times 0,7 \times 3 \times 2400 = 3528 \text{ kg}$$

Tegangan ijin tarik dasar baja bertulang mutu $f_y = 400 \text{ Mpa}$

$$\sigma_{\text{tarik ijin}} = 4000 = 40 \text{ kg/mm}^2$$

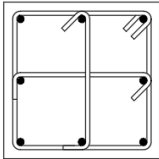
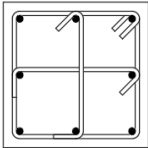
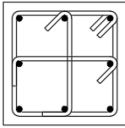

$$A_{st} = 6433,98 \text{ mm}^2$$

$$P_n = 6433,98 \times 40 = 257359,27 \text{ kg} > P_u \text{ (OK)}$$

Kemudian lubang yang ditinggalkan dilakukan *grouting* menggunakan SS Mortar yang dapat mencapai kekuatan 30 N/mm^2 dalam 24 jam dan 100 N/mm^2 dalam 28 hari.

Dengan melakukan perhitungan yang sama, didapatkan hasil untuk kolom yang lainnya yang ditunjukkan pada Tabel 4. 39 :

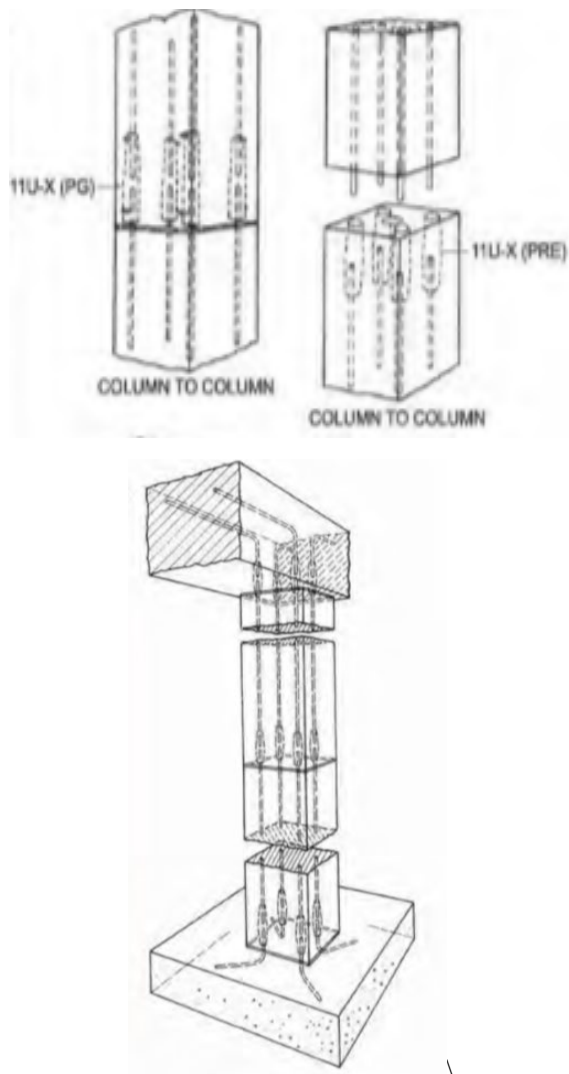
Tabel 4. 38. Rekapitulasi Penulangan Kolom

TYPE	K1 (700 x 700)		K2 (650 x 650)
LT. 8 – Atap		LT. 5 – 7	
TULANGAN	8032	TULANGAN	8029
SENGKANG	3D19–100/150	SENGKANG	3D19–100/150
TYPE	K3 (550 x 550)		K4 (400 x 400)
LT. 3 – 4		LT. Basement – 2	
TULANGAN	8025	TULANGAN	8025
SENGKANG	3D19–100/150	SENGKANG	3D19–100/150

4.7.5.10 Sambungan Kolom-Kolom atau Kolom-Poer

Pada sambungan antar kolom maupun kolom-poer digunakan produk *NMB Splice Sleeve*. Pada penggunaan produk ini, tidak diperlukan perhitungan Panjang penyaluran tulangnya. Hal tersebut dikarenakan karena tulangan antar kolom dianggap sudah monolit dan menerus.

Pada bagian sambungan kolom dilakukan proses grouting untuk membuat sambungannya monolit. Pada penyambungan antar kolom dengan dimensi berbeda pada dasarnya sama seperti proses penyambungan antar kolom dengan dimensi yang sama, hanya saja pada tulangan Panjang penyaluran pada kondisi ini lebih dilakukan penyesuaian terhadap lubang kolom yang berada di atasnya.



Gambar 4. 40. Ilustrasi NMB Splice Sleeve

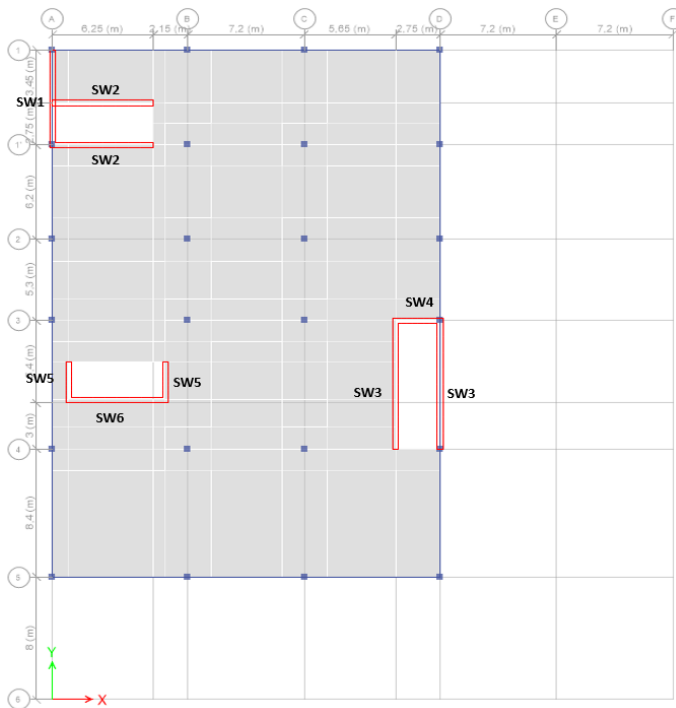
Menurut ACI 318-14 pasal 18.9.2.2, untuk sambungan kolom ke kolom harus memenuhi :

- $F_y \text{ sambungan} > 1,4 F_y \text{ tulangan}$
 $586 \text{ MPa} > 560 \text{ MPa (OK)}$
- $\Phi M_n > 1,4 M_e$
 $2000 \text{ kN-m} > 645,73 \text{ kN-m (OK)}$

Sehingga bisa dikatakan sambungan cukup kuat menerima beban.

4.7.6 Desain *Shear Wall*

Pada perencanaan *Shear Wall* ini, *Shear Wall* akan dibedakan berdasarkan arahnya (Arah X dan Arah Y). Berikut merupakan pembagian *Shear Wall* dan penamaannya :



Gambar 4. 41. Denah *Shear Wall* dan Penamaannya

Pada perhitungan ini akan dicontohkan untuk menghitung SW1.

4.7.6.1 Data Perencanaan

Shear Wall yang direncanakan memiliki data sebagai berikut :

– Tebal Dinding	= 350 mm
– Tebal Decking	= 40 mm
– Tulangan	= 16 mm
– d	= 302 mm
– f_y	= 400 MPa
– f'_c	= 40 MPa
– Tinggi Lantai	= 4000 mm
– Lebar	= 6200 mm

Berdasarkan Output dari hasil permodelan di ETABS didapatkan gaya yang bekerja pada SW1 adalah sebagai berikut :

P_u	= 14116,344 kN
V_u	= 3718,504 kN
M_u	= 41971,165 kN-m

4.7.6.2 Kontrol Kapasitas Beban Aksial Dinding Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 14.5.2 kapasitas beban aksial shearwall tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur, sehigga :

$$\phi P_n = 0,55 \times f'_c \times A_g \times \left(1 - \left(\frac{k \times l_c}{32h}\right)^2\right)$$

$$= 32882,143 \text{ N}$$

$$\phi P_n > P_u = 14116,344 \text{ N (OK)}$$

4.7.6.3 Kontrol Dimensi Penampang Terhadap Gaya Geser

Kontrol dimensi penampang dinding geser terhadap gaya geser, tidak boleh diambil melebihi $0,83A_{cv}\sqrt{f'c}$

$$V_u < 0,83 A_{cv} \sqrt{f'c}$$

$$3718,504 < 0,83 \times (350 \times 6200) \times \sqrt{40}$$

$$3718,504 < 11391,15 \text{ N (OK)}$$

4.7.6.4 Penulangan Geser *Shear Wall*

Ada 2 kondisi untuk menentukan jumlah lapisan tulangan pada dinding, yaitu :

- Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.9.2.2, sedikitnya harus dipasang dua lapis tulangan pada dinding apabila gaya geser terfaktor melebihi $0,17A_{cv}\sqrt{f'c}$
 $0,17 \times (350 \times 6200) \times \sqrt{40} = 2333,12 \text{ N} > V_u$ (1 Lapis Tulangan)
- Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 14.3.4, pada dinding yang mempunyai ketebalan lebih besar dari 250 mm, kecuali dinding ruang bawah tanah harus dipasang dua lapis tulangan.
 $350 \text{ mm} > 250 \text{ mm}$ (2 Lapis Tulangan)

Dikarenakan ada satu persyaratan yang tidak memenuhi, maka dipasang 2 lapis tulangan.

Menurut SNI 2847-2013 pasal 11.9.9.3, spasi tulangan geser horizontal tidak boleh melebihi yang terkecil :

- $L_w/5 = 44/5 = 1240 \text{ mm}$
- $3h = 3 \times 350 = 1050$
- 450 mm (Menentukan)
 Dipakai $s = 100 \text{ mm} < s_{\max}$ (OK)

Menurut SNI 2847-2013 pasal 11.9.9.5, spasi tulangan geser vertikal tidak boleh melebihi yang terkecil :

- $Lw/3 = 44/5 = 2066,67 \text{ mm}$
- $3h = 3 \times 350 = 1050$
- 450 mm (Menentukan)

Dipakai $s = 100 \text{ mm} < s_{\max}$ (OK)

Digunakan 2D16 untuk tulangan horizontal dan vertical, sehingga rasio tulangan horizontal dan vertical adalah :

- $\rho_t = \frac{As}{d \times s} = \frac{2 \times \pi \times 8^2}{302 \times 100} = 0,013315$
- $\rho_l = \frac{As}{d \times s} = \frac{2 \times \pi \times 8^2}{302 \times 100} = 0,013315$

Menurut SNI 2847-2013 pasal 11.9.9.2 dan 19.9.9.4 rasio tulangan horizontal (ρ_t) dan vertical (ρ_l) tidak boleh kurang dari 0,0025

$\rho_t, \rho_l > 0,0025$ (OK)

Sehingga, kuat geser nominal dinding geser tidak boleh melebihi :

$V_n = A_{cv} (\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y)$; dimana $\alpha_c = 0,25$ bila $h_w/l_w < 1,5$; $\alpha_c = 0,17$ bila $h_w/l_w > 2$; dan diinterpolasi apabila berada diantara kedua nilai tersebut

$$h_w / l_w = 44/6,2 = 7,09 \rightarrow \alpha_c = 0,17$$

$$V_n = 13890861 \text{ N}$$

$$\phi V_n > V_u$$

$$0,65 \times 13890861 > 3718504 \text{ N}$$

$$9029059 > 3718504 \text{ N (OK)}$$

4.7.6.5 Kontrol Komponen Batas

Komponen batas dibutuhkan apabila :

$$c \geq \frac{l_w}{600 \left(\frac{\delta u}{h_w} \right)} ; \frac{\delta u}{h_w} \text{ tidak boleh kurang dari } 0,007$$

Gambar 4. 42. Diagram Interaksi SW1

Dari spColumn, didapatkan bahwa beban yang bekerja masih bisa diterima oleh Shear Wall.

Dengan perhitungan yang sama didapatkan penulangan untuk shearwall lainnya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.40 :

Tabel 4. 39. Rekapitulasi Penulangan Shear Wall

Tipe	Jumlah Tul.	Diameter Tul. (mm)	Spasi Horizontal (mm)	Spasi Verikal (mm)	Jarak Komponen Batas (mm)
SW1	2	16	100	100	1700
SW2	2	16	100	100	1700
SW3	2	16	100	100	2300
SW4	2	16	100	100	1100
SW5	2	16	100	100	1000
SW6	2	16	100	100	2300

4.8 Perhitungan Struktur Bawah

Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Pondasi pada gedung ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang jenis prestressed concrete spun pile produk dari PT. WIKA (Wijaya Karya) Beton.

4.8.1 Perencanaan Pondasi

4.8.1.1 Beban Struktur

Beban yang bekerja pada pondasi dihitung menurut SNI 1726:2012 kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin. Kombinasi beban-beban dibawah ini adalah kombinasi beban untuk menghitung tiang pancang dengan desain tegangan ijin.

- D
- D + L
- D + 0.75L

- $D + 0.7E$
- $D + 0.75L + 0.75(0.7E)$
- $0.6D + 0.7E$

Dari hasil output program bantu ETABS, didapatkan beban maksimum dari tiap kombinasi yang ditunjukkan pada Tabel 4. 41 – 4. 43 :

Tabel 4. 40. Beban Pada Tipe 1

Kombinasi	Hx	Hy	P	Mx	My
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m
D	11,6081	5,1715	1867,9979	8,5245	14,4232
D+L	15,7577	6,9513	2345,8565	11,4212	19,7589
D+0,7Ey	59,0444	35,7377	3525,4149	148,1765	148,7765
D+0,7Ex	75,2928	14,3855	4172,5365	73,5831	187,3604
D+0,75L+0,525Ey	50,2975	24,1756	3469,4546	115,436	119,19
D+0,75L+0,525Ex	62,4838	8,1614	3954,7958	59,491	148,1279
D+0,75L	14,7203	6,5063	2226,3918	10,697	18,425
0,6D+0,7Ey	54,4012	37,8063	2778,2158	144,7667	143,0072
0,6D+0,7Ex	70,6496	16,454	3425,3374	70,1733	181,5911

Tabel 4. 41. Beban Pada Tipe 2

Kombinasi	Hx	Hy	P	Mx	My
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m
D	28,7377	1,4391	1172,462	0,4418	2,5504
D+L	30,5406	1,9912	1381,087	0,3281	2,7628
D+0,7Ey	12,1217	71,4596	2207,9	15,6886	5,8103
D+0,7Ex	25,2186	121,9429	2709,298	14,3912	11,0764
D+0,75L+0,525Ey	10,0148	50,8818	1807,681	11,8676	5,1397
D+0,75L+0,525Ex	18,9209	66,9898	2226,093	4,1015	12,2057
D+0,75L	30,0899	1,8532	1328,93	0,3565	2,7097
0,6D+0,7Ey	11,2407	74,8992	2035,282	15,5106	5,25
0,6D+0,7Ex	24,3377	125,3824	2536,68	14,2132	10,5161

Tabel 4. 42. Beban Pada Tipe 3

Kombinasi	Hx	Hy	P	Mx	My
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m
D	78,6027	86,9352	1616,526	18,503	24,8742
D+L	90,8978	92,9041	1807,091	18,5833	30,1516
D+0,7Ey	78,7684	18,9049	2088,359	18,4058	10,9193
D+0,7Ex	135,0235	10,5357	1699,899	8,4967	21,7631
D+0,75L+0,525Ey	39,0524	13,6025	1705,915	12,5499	6,3307
D+0,75L+0,525Ex	192,8284	54,4823	2300,203	27,9812	36,7803
D+0,75L	87,824	91,4119	1759,45	18,5632	28,8322
0,6D+0,7Ey	64,0263	19,9187	1960,67	14,1145	9,8914
0,6D+0,7Ex	139,8291	11,4075	1551,042	7,395	22,3378

Tabel 4. 43. Beban Pada Tipe 4

Kombinasi	Hx	Hy	P	Mx	My
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m
D	3,8888	0,7007	3414,433	2,5601	2,7428
D+L	5,2656	0,9929	4405,617	3,443	3,8467
D+0,7Ey	25,3102	34,3598	3855,882	125,0239	87,7536
D+0,7Ex	70,9389	8,6051	4118,192	89,5411	218,9456
D+0,75L+0,525Ey	15,214	24,2278	4482,282	95,4181	59,0389
D+0,75L+0,525Ex	54,1374	1,2086	4484,12	77,5627	164,9712
D+0,75L	4,9214	0,9199	4157,821	3,2223	3,5707
0,6D+0,7Ey	34,1768	36,2317	2628,251	156,6284	102,4247
0,6D+0,7Ex	70,2758	14,6321	2918,174	81,3613	218,4503

4.8.1.2 Spesifikasi Tiang Pancang

Tiang pancang direncanakan menggunakan produk dari PT. Wijaya Karya Beton dengan penampang bulat dan $f'c = 52$ MPa. Berikut merupakan spesifikasi detail dari tiang pancang tersebut :

- Diameter tiang : 600 mm
- Tebal tiang : 100 mm
- Kelas tiang : C

- *Concrete cross section* : 1570 cm²
- *Berat* : 393 kg/m
- *Panjang* : 6 – 20 m
- *Bending moment crack* : 29 t.m
- *Beding momen ultimate* : 58 t.m
- *Allowable axial load* : 229.5 ton

4.8.1.3 Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Data SPT

Data SPT dari lapangan tidak langsung dapat digunakan untuk perencanaan tiang pancang. Harus dilakukan koreksi dahulu terhadap data SPT asli, sebagai berikut :

1. Koreksi terhadap muka air tanah

Khusus untuk tanah berpasir halus, pasir lanau, dan pasir belempung, yang berada di bawah muka air tanah dan hanya bila $N > 15$

a. $N_1 = 15 + \frac{1}{2} (N-15)$

b. $N_1 = 0.6 N$

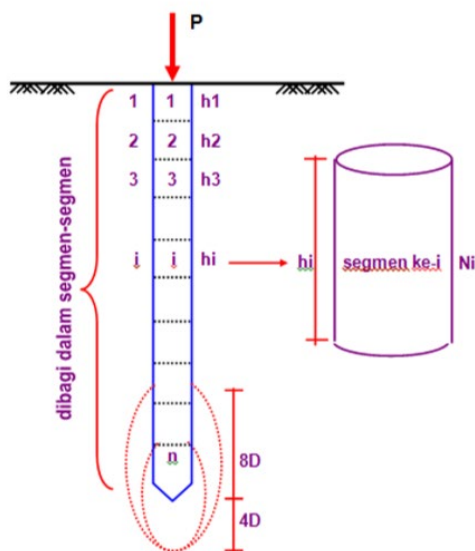
Kemudian dipilih harga N_1 yang terkecil.

2. Koreksi terhadap Overburden tanah

Dari harga N_1 dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan tanah vertikal, dengan rumus sebagai berikut :

$$N_2 = \frac{4N_1}{1 + 0.4 P_o}, \text{ untuk } P_o < 0.75 \text{ ton}$$

$$N_2 = \frac{4N_1}{3.25 + 0.1 P_o}, \text{ untuk } P_o > 0.75 \text{ ton}$$



N_i = harga SPT yang telah dikoreksi ditengah-tengah segmen i

Gambar 4. 43. Pembagian Segmen Tiang Pancang

$$P_{ult} = 40\bar{N} \times A_{ujung} + \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{2 \text{ atau } 5} \times A_{si}$$

Pijin = P_{ult}/SF ; biasanya $SF = 3$

Sehingga setelah dilakukan perhitungan sesuai rumus diatas, didapatkan rekapitulasi perhitungan daya dukung tiang pancang yang ditunjukkan Tabel 4. 45 :

Tabel 4. 44. Rekapitulasi Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang

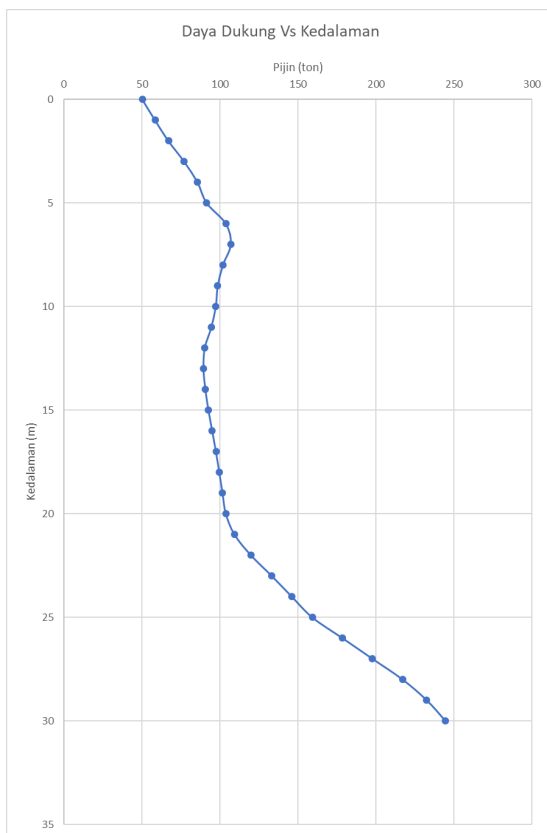
L (m)	Jenis tanah	N SPT	N1	po kumulatif (t/m2)	N2	ΣCi * Asi (t)	Nrata	Pult (ton)	Pijin (ton)
0	Lempung	0	0	0	0	0	13,33333	150,7964	50,26548
1	Lempung	7	7	0	14	0	15,5	175,3009	58,43362
2	Lempung	13	13	0,756	26	24,50442	15,6	200,9363	66,97876
3	Lempung	11	11	1,467	22	45,23893	16,44482	231,2255	77,07516
4	Lempung	8	8	2,111	16	60,31858	17,37425	256,8167	85,60557
5	Lempung	11	11	2,822	20,66892	79,79858	17,22126	274,5664	91,52215
6	Lempung	14	14	3,6	22,95082	101,4292	18,56264	311,3678	103,7893
7	Lempung	11	11	4,311	16,15035	116,6506	18,04736	320,7614	106,9205
8	Lempung	8	8	4,955	10,73105	126,7643	15,80069	305,4659	101,822
9	Lempung	8	8	5,599	9,877763	136,0739	14,11849	295,7503	98,58344
10	Lempung	7	7	6,221	8,026602	143,6388	13,11827	292,0029	97,33431
11	Lempung	8	8	6,865	8,542445	151,6899	11,64096	283,346	94,44866
12	Lempung	8	8	7,509	7,9982	159,228	9,86056	270,7483	90,24943
13	Lempung	9	9	8,176	8,850428	167,5693	8,91294	268,3723	89,45743
14	Lempung	9	9	8,843	8,707641	175,7761	8,509337	272,0144	90,67147
15	Lempung	9	9	9,51	8,569388	183,8525	8,313374	277,8746	92,62486
16	Lempung	8	8	10,154	7,502227	190,9232	8,333055	285,1679	95,05595
17	Lempung	9	9	10,821	8,310057	198,7553	8,272975	292,3204	97,44014
18	Lempung	9	9	11,488	8,18405	206,4686	8,156222	298,7132	99,57108
19	Lempung	9	9	12,155	8,061807	214,0666	8,028903	304,8714	101,6238
20	Lempung	8	8	12,799	7,064174	220,7245	8,012144	311,3397	103,7799
21	Lempung	9	9	13,466	7,831876	228,1058	8,829545	327,9656	109,3219
22	Lempung	10	10	14,155	8,573572	236,1862	10,91434	359,6245	119,8748
23	Lempung	30	18	15,155	15,10859	250,4257	13,19992	399,7133	133,2378
24	Pasir	49	29,4	16,134	24,18061	259,5416	15,79109	438,1346	146,0449
25	Pasir	55	33	17,134	26,59467	269,5676	18,38564	477,5042	159,1681
26	Batu Lempung	61	36,6	18,134	28,91338	296,8178	21,09345	535,3791	178,4597
27	Batu Lempung	62	37,2	19,134	28,81822	323,9783	23,80615	593,2196	197,7399
28	Batu Lempung	63	37,8	20,134	28,72668	351,0526	26,52331	651,0241	217,008
29	Batu Lempung	66	39,6	21,134	29,5335	378,8873	28,15398	697,3013	232,4338
30	Batu Lempung	69	41,4	22,134	30,3108	407,4545	28,81621	733,3581	244,4527

Sehingga diambil kedalaman tiang pancang sebagai berikut :

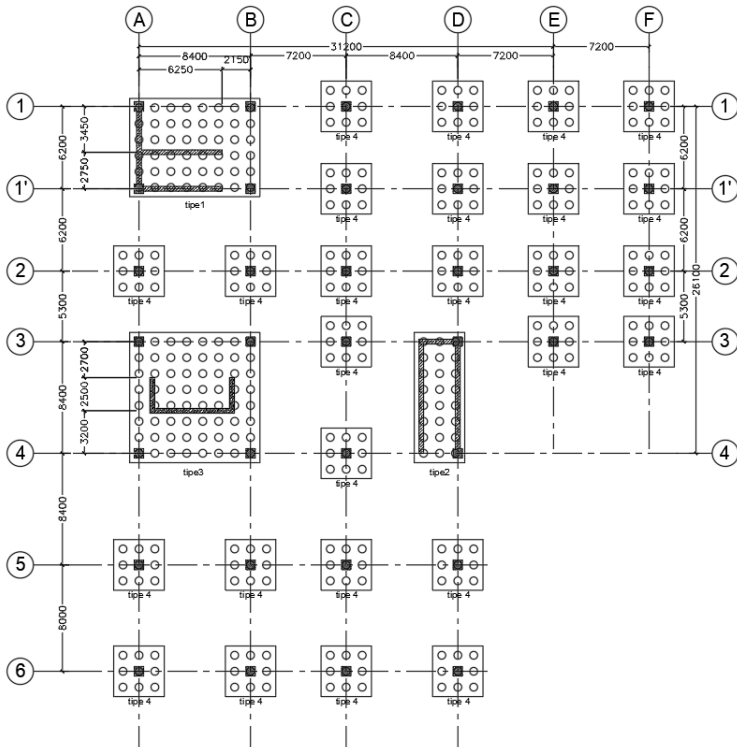
Beban ijin aksial 1 tiang = 229,5 ton

Pada kedalaman 28m daya dukung = 217,008 ton

Maka Panjang tiang yang digunakan (dikurangi tinggi basement) =
24 m



Gambar 4. 44. Grafik Pijin Vs Kedalaman



Gambar 4. 45. Denah Pondasi

4.8.1.4 Kontrol Momen Terhadap Gempa dan Spring Tanah pada *Spun Pile*

4.8.1.5 Pengaturan Jarak Tiang Pancang

- Jarak antar tiang :

$$2 D \leq S \leq 2,5 D$$

$$2 \times 60 \leq S \leq 2,5 \times 60$$

$$120 \text{ cm} \leq S \leq 150 \text{ cm}$$

Digunakan jarak antar tiang = 120 cm.

- Jarak tepi tiang pancang :

$$1 D \leq S1 \leq 1,5 D$$

$$1 \times 60 \leq S1 \leq 1,5 \times 60$$

$$60 \text{ cm} \leq S1 \leq 90 \text{ cm}$$

Digunakan jarak tiang ke tepi = 70 cm.

4.8.1.6 Daya Dukung Tiang Pancang Dalam Kelompok

Untuk daya dukung tiang pancang dalam group pondasi, harus dikoreksi terlebih dahulu dengan apa yang disebut dengan C_e

Pijin dalam group = Pijin $\times C_e$

Rumus C_e memakai rumus dari Converse Labarre

Efficiency by Converse Labarre formula

$$\eta_g = 1 - \frac{\phi}{90} \left[\frac{m(n-1) + n(m-1)}{mn} \right]$$

Gambar 4. 46. Rumus C_e Converse Labarre

Sehingga didapatkan Pijin dalam group sebagai berikut :

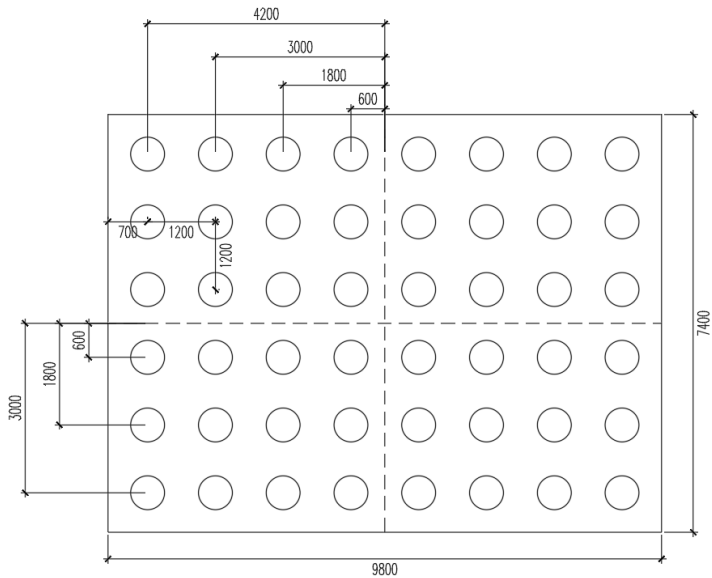
- Tipe 1 = 1058,933 kN
- Tipe 2 = 1163,315 kN
- Tipe 3 = 1189,41 kN
- Tipe 4 = 1293,793 kN

4.8.1.7 Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan:

$$P_{max} = \frac{P}{n} + \frac{M_y \cdot X_{max}}{\Sigma X^2} + \frac{M_x \cdot Y_{max}}{\Sigma Y^2} \leq P_{ijin \text{ 1 tiang dalam group}}$$

Kontrol ini dilakukan pada tiap jenis susunan tiang pancang. Sebelumnya terlebih dahulu ditentukan jumlah tiang pancang dalam group dengan cara coba-coba dan sesuai dengan besar pile cap. Untuk beberapa contoh perhitungan dilakukan perhitungan dengan menggunakan group tiang pancang Tipe 1 dengan kombinasi beban 1D + 1L.



Gambar 4. 47. Pondasi Tipe 1

P_u	$= 2345,857 \text{ kN}$
$n \text{ tiang}$	$= 48$
M_x	$= 11,4212 \text{ kN-m}$
M_y	$= 19,7589 \text{ kN-m}$
X_{max}	$= 4,2 \text{ m}$

$$Y_{max} = 3 \text{ m}$$

$$\sum X^2 = 60,48 \text{ m}^2$$

$$\sum Y^2 = 25,2 \text{ m}^2$$

$$P_{max} = \frac{2345,857}{48} + \frac{19,7589 \times 4,2}{60,48} + \frac{11,4212 \times 3}{25,2} = 51,6 \text{ kN}$$

$$P_{max} < P_{ijin} \text{ dalam group} = 1058,933 \text{ kN (OK)}$$

Sehingga didapatkan untuk beban kombinasi dan tipe pondasi lainnya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4. 46 – 4. 49 :

Tabel 4. 45. Kontrol Pmax Tipe 1

Kombinasi	P	Mx	My	n	P/n	My*Xmax/ $\sum X^2$	Mx*Ymax/ $\sum Y^2$	Pmax	
	kN	kN-m	kN-m					kN	
D	1867,998	8,5245	14,4232	48	38,91662	1,0016111	1,0148214	40,93306	OK
D+L	2345,857	11,4212	19,7589	48	48,87201	1,3721458	1,3596667	51,60382	OK
D+0,7Ey	3525,415	148,1765	148,7765	48	73,44614	10,331701	17,64006	101,4179	OK
D+0,7Ex	4172,537	73,5831	187,3604	48	86,92784	13,011139	8,7598929	108,6989	OK
D+0,75L+0,525Ey	3469,455	115,436	119,19	48	72,2803	8,2770833	13,742381	94,29977	OK
D+0,75L+0,525Ex	3954,796	59,491	148,1279	48	82,39158	10,28666	7,0822619	99,7605	OK
D+0,75L	2226,392	10,697	18,425	48	46,38316	1,2795139	1,2734524	48,93613	OK
0,6D+0,7Ey	2778,216	144,7667	143,0072	48	57,8795	9,9310556	17,234131	85,04468	OK
0,6D+0,7Ex	3425,337	70,1733	181,5911	48	71,3612	12,610493	8,3539643	92,32565	OK

Tabel 4. 46. Kontrol Pmax Tipe 2

Kombinasi	P	Mx	My	n	P/n	My*Xmax/ $\sum X^2$	Mx*Ymax/ $\sum Y^2$	Pmax	
	kN	kN-m	kN-m					kN	
D	1172,462	0,4418	2,5504	24	48,85259	1,0626667	0,0306806	49,94593	OK
D+L	1381,087	0,3281	2,7628	24	57,54528	1,1511667	0,0227847	58,71923	OK
D+0,7Ey	2207,9	15,6886	5,8103	24	91,99583	2,4209583	1,0894861	95,50627	OK
D+0,7Ex	2709,298	14,3912	11,0764	24	112,8874	4,6151667	0,9993889	118,502	OK
D+0,75L+0,525Ey	1807,681	11,8676	5,1397	24	75,32005	2,1415417	0,8241389	78,28573	OK
D+0,75L+0,525Ex	2226,093	4,1015	12,2057	24	92,75389	5,0857083	0,2848264	98,12443	OK
D+0,75L	1328,93	0,3565	2,7097	24	55,3721	1,1290417	0,0247569	56,5259	OK
0,6D+0,7Ey	2035,282	15,5106	5,25	24	84,8034	2,1875	1,077125	88,06803	OK
0,6D+0,7Ex	2536,68	14,2132	10,5161	24	105,695	4,3817083	0,9870278	111,0637	OK

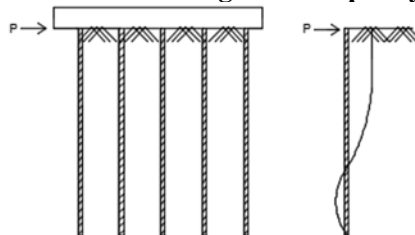
Tabel 4. 47. Kontrol Pmax Tipe 3

Kombinasi	P	Mx	My	n	P/n	My*Xmax/ ΣX ²	Mx*Ymax/ ΣY ²	Pmax	
	kN	kN-m	kN-m					kN	
D	1616,5258	18,503	24,8742	64	25,25822	2,9612143	7,7095833	35,92901	OK
D+L	1807,091	18,5833	30,1516	64	28,2358	3,5894762	7,7430417	39,56831	OK
D+0,7Ey	2088,3589	18,4058	10,9193	64	32,63061	1,2999167	7,6690833	41,59961	OK
D+0,7Ex	1699,8989	8,4967	21,7631	64	26,56092	2,5908452	3,5402917	32,69206	OK
D+0,75L+0,525Ey	1705,9145	12,5499	6,3307	64	26,65491	0,7536548	5,229125	32,63769	OK
D+0,75L+0,525Ex	2300,2025	27,9812	36,7803	64	35,94066	4,3786071	11,658833	51,9781	OK
D+0,75L	1759,4497	18,5632	28,8322	64	27,4914	3,4324048	7,7346667	38,65847	OK
0,6D+0,7Ey	1960,6696	14,1145	9,8914	64	30,63546	1,1775476	5,8810417	37,69405	OK
0,6D+0,7Ex	1551,0415	7,395	22,3378	64	24,23502	2,6592619	3,08125	29,97554	OK

Tabel 4. 48. Kontrol Pmax Tipe 4

Kombinasi	P	Mx	My	n	P/n	My*Xmax/ ΣX ²	Mx*Ymax/ ΣY ²	Pmax	
	kN	kN-m	kN-m					kN	
D	3414,433	2,5601	2,7428	9	379,3814	1,1428333	1,0667083	381,591	OK
D+L	4405,617	3,443	3,8467	9	489,513	1,6027917	1,4345833	492,5503	OK
D+0,7Ey	3855,882	125,0239	87,7536	9	428,4313	36,564	52,093292	517,0886	OK
D+0,7Ex	4118,192	89,5411	218,9456	9	457,5769	91,227333	37,308792	586,113	OK
D+0,75L+0,525Ey	4482,282	95,4181	59,0389	9	498,0313	24,599542	39,757542	562,3884	OK
D+0,75L+0,525Ex	4484,12	77,5627	164,9712	9	498,2356	68,738	32,317792	599,2914	OK
D+0,75L	4157,821	3,2223	3,5707	9	461,9801	1,4877917	1,342625	464,8105	OK
0,6D+0,7Ey	2628,251	156,6284	102,4247	9	292,0279	42,676958	65,261833	399,9667	OK
0,6D+0,7Ex	2918,174	81,3613	218,4503	9	324,2416	91,020958	33,900542	449,1631	OK

4.8.1.8 Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral



Gambar 4. 48. Diagram Gaya Lateral Tiang

Gaya lateral yang bekerja pada tiang dapat menyebabkan terjadinya defleksi dan momen. Oleh karena itu harus dilakukan kontrol terhadap defleksi yang terjadi pada tiang.

Kontrol Defleksi Tiang :

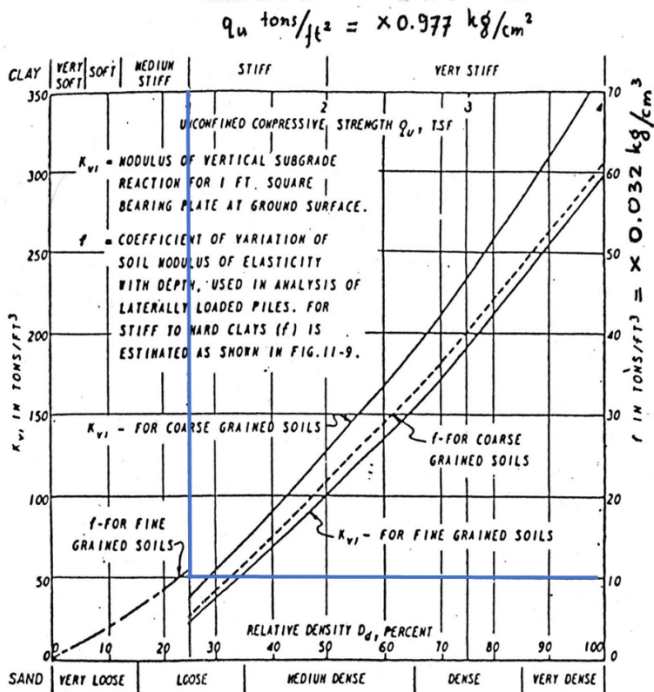
$$\delta = Fd \left(\frac{PT^3}{EI} \right) \leq 2.5 \text{ cm}$$

δ = defleksi yang terjadi

F_d = koefisien defleksi (dilihat pada grafik)
 P = Gaya lateral 1 tiang
 T = *Relative stiffness Factor*

Pada perhitungan ini, diambil beban terbesar dari Tipe pondasi yang dianggap bisa mewakili tipe yang lainnya. Diambil kombinasi 0,6D+0,7Ex dari pondasi Tipe 2.

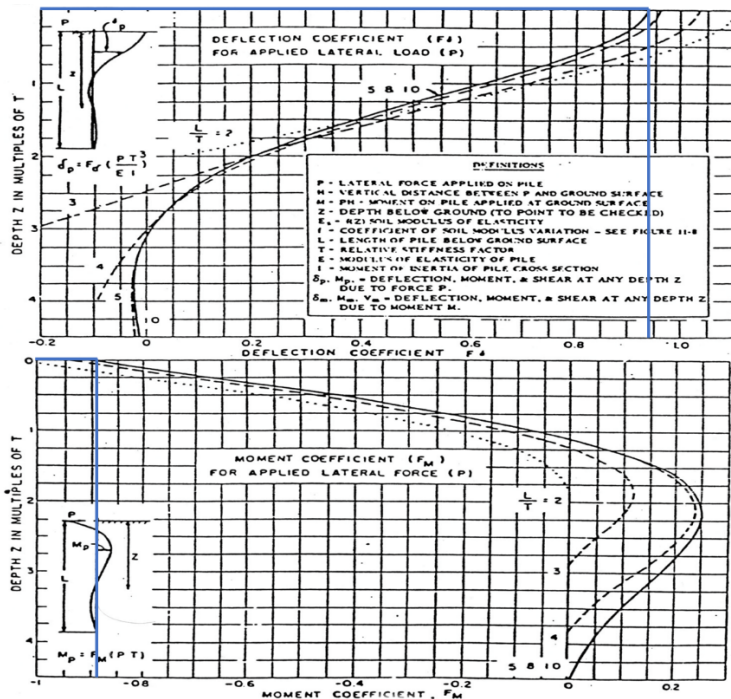
n = 24 buah
 H_{max} = 125,38 kN
 H_{max} 1 tiang = $125,38 / 24$ buah = 5,224 kN
 C_u = 2 kg/cm²
 q_u = $2 \times 2 \text{ kg/cm}^2 = 4 \text{ kg/cm}^2 = 4,09 \text{ t/ft}^2$



Gambar 4. 49. Grafik Immediate Settlement of Isolate Footing

Dari grafik Immediate Settlement of Isolate Footing maka didapatkan $f = 10 \text{ t/ft}^3 = 0,32 \text{ kg/cm}^3$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700 \sqrt{f_c} = 303115,951 \text{ kg/cm}^2 \\
 I &= \frac{1}{64} \times \frac{22}{7} \times (600 - 400)^4 = 7853,98 \text{ cm}^4 \\
 T &= \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}} = \left(\frac{303115,951 \times 7853,98}{0,32} \right)^{\frac{1}{5}} = 94,2 \text{ cm} \\
 L &= 2400 \text{ cm (kedalaman tiang pancang)} \\
 L/T &= 25,46
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 50. Grafik Influence Value for Laterally Loaded Pile

Dari grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile*, maka didapatkan $F_d = 0.94$

$$\delta = Fd \left(\frac{PT^3}{EI} \right) \leq 2.5 \text{ cm}$$

$$\delta = 0.94 \left(\frac{522,426 \times 94,2^3}{303115,951 \times 7857,143} \right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

$$\delta = 0,17 \text{ cm} \leq 2,5 \text{ cm (OK)}$$

Dari grafik Influence Value for Laterally Loaded Pile maka didapatkan $F_m = 0.88$

$$M = F_m(PT) \leq M_{banding \text{ crack}}$$

$$M = 0,88 \times (0,522 \times 0,94) \leq 29 \text{ tm}$$

$$M = 0,433 \text{ tm} \leq 29 \text{ tm (OK)}$$

Sehingga dapat dikatakan tiang pancang kuat terhadap gaya lateral.

4.8.2 Perencanaan Poer

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

Data-data perancangan poer :

- P_u = 4484,12 kN
- P_{\max} (1 tiang) = 599,29 kN
- Jumlah tiang pancang = 9 buah
- Dimensi poer = 3,8 x 3,8 x 1 m
- Mutu beton (f_c') = 40 MPa
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Diameter tulangan = 29 mm
- Selimut beton = 60 mm
- λ = 1 (beton normal)
- α_s = 40 (kolom interior)
- Tinggi efektif (d)

$$d_x = 1000 - 60 - \frac{1}{2} 29 = 925,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1000 - 60 - \frac{1}{2} 29 - 29 = 896,5 \text{ mm}$$

4.8.2.1 Kontrol Geser Pons

➤ Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Perencanaan geser pons pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 2847-2013 Pasal 11.11.2.1.

Untuk pondasi tapak non- prategang (V_c) ditentukan berdasarkan SNI 2847:2012 pasal 11.11.2.1 nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

dimana :

α_s = 20 untuk kolom sudut, 30 untuk kolom tepi, 40 untuk kolom interior

β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek
= 1

b_o = Keliling penampang kritis
= $2 (b_{\text{kolom}} + d) + 2 (h_{\text{kolom}} + d)$
= $2 (1000 + 925,5) + 2 (1000 + 925,5)$
= 6502 mm

$$\begin{aligned}
 V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) 1. \sqrt{40} \times 6502 \times 925,5 \\
 &= 19409911,71 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c2} &= 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,083 \times \left(\frac{40 \cdot 925,5}{8502} + 2 \right) 1. \sqrt{40} \times 6502 \times 925,5 \\
 &= 24303170,11 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,333 \cdot 1. \sqrt{40} \times 6502 \times 925,5 \\
 &= 12673530,59 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 12673530,59 N = 1267353,06 Kg

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,75 \times 1267353,06 = 950514,79 \text{ kg} \\
 &= 950,514 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 950,514 \text{ ton} > P_u - P_{pile}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 950,514 \text{ ton} > 448,412 \\
 &= 1377.185 \text{ ton} > 448,412 \text{ ton (OK)}
 \end{aligned}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

➤ Akibat Pancang

$$b_o = (0,25 \times \pi \times (600 + 925,5))$$

$$= 1198,6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) 1. \sqrt{40} \times 1198,6 \times 925,5 \\ &= 3578108,093 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,083 \times \left(\frac{40 \cdot 925,5}{1198,6} + 2 \right) 1. \sqrt{40} \times 1198,6 \times 925,5 \\ &= 19150073,25 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,333 \cdot 1. \sqrt{40} \times 1198,6 \times 925,5 \\ &= 2336294,108 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 2336294,108 N
 $= 233629,411 \text{ Kg}$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \times 233629,411 = 175222,058 \text{ kg} \\ &= 175,222 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 175,222 \text{ ton} > P_u$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 175,222 \text{ ton} > 59,929 \\ &= 175,222 \text{ ton} > 59,929 \text{ ton (OK)} \end{aligned}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat pancang.

4.8.2.2 Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.

4.8.2.2.1 Penulangan Arah X

$$P_{\max} = 59,929 \text{ ton}$$

$$P = 3 \times 59,929 = 179,787 \text{ ton}$$

$$q = 3,8 \times 2,4 \times 1 = 9,12 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 9,12 \text{ ton/m} \times 1,2 = 10,944 \text{ ton/m}$$

Momen yang bekerja :

$$M_u = P(a_1) - \frac{1}{2} q_u \cdot L^2$$

$$= (179,787 \times (1,2)) - (\frac{1}{2} \times 10,944 \times (1,8)^2)$$

$$= 195,99 \text{ t.m}$$

$$= 1959909810 \text{ N.mm}$$

$$d_x = 925,5 \text{ mm}$$

- Mencari ρ_{\min}

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,003952$$

tidak lebih kecil dari

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

digunakan $\rho_{\min} = 0,003952$

- Menentukan Harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{400}{0,85 \cdot 40} = 11,764$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{1959909810}{3800 \times 925,5^2} = 0,602$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,764} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 0,602}{400}} \right) = 0.001518 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\min} \rightarrow \rho = \rho_{\min} = 0,003952$$

- Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,003952 \times 1000 \times 925,5 = 3658,359 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D29 ($A_s = 660,7857 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{3658,359}{660,7857} = 6 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{6} = 166,67 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan lentur atas D29–150 mm

$$\begin{aligned} A_s &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \frac{1000}{150} \\ &= 4405,24 \text{ mm}^2 > 3860.61 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{2} \cdot A_s \text{ Tarik} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 3658,35 = 1829,18 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D22 ($A_s = 380,13 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{1829,18}{380,13} = 5 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan lentur atas D22–200 mm

4.8.2.2.2 Penulangan Arah Y

$$P_{\max} = 59,929 \text{ ton}$$

$$P = 3 \times 59,929 = 179,787 \text{ ton}$$

$$q = 3,8 \times 2.4 \times 1 = 9,12 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 9,12 \text{ ton/m} \times 1,2 = 10,944 \text{ ton/m}$$

Momen yang bekerja :

$$\begin{aligned} M_u &= P(a_1) - \frac{1}{2} q_u x. L^2 \\ &= (179,787 \times (1,2)) - (\frac{1}{2} \times 10,944 \times (1,8)^2) \\ &= 195,99 \text{ t.m} \\ &= 1959909810 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$d_y = 896,5 \text{ mm}$$

- Mencari ρ_{\min}

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,003952$$

tidak lebih kecil dari

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

digunakan $\rho_{\min} = 0,003952$

- Menentukan Harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{400}{0,85 \cdot 40} = 11,764$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{1959909810}{3800 \times 896,5^2} = 0,641$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,764} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 0,641}{400}} \right) = 0,001619 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\min} \rightarrow \rho = \rho_{\min} = 0,003952$$

- Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,003952 \times 1000 \times 896,5 = 3543,727 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D29 ($A_s = 660,7857 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{3543,727}{660,7857} = 6 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{6} = 166,67 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan lentur atas D29–150 mm

$$\begin{aligned} A_s &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \frac{1000}{150} \\ &= 4405,24 \text{ mm}^2 > 3860.61 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{2} \cdot A_s \text{ Tarik} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 3543,727 = 1771,864 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D22 ($A_s = 380,13 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{1771,864}{380,13} = 5 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan lentur atas D22–200 mm

4.8.3 Perencanaan Sloof

Struktur sloof digunakan untuk membuat penurunan secara bersamaan pada pondasi atau sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya. Adapun beban-beban yang ditimpakan ke sloof meliputi berat sloof sendiri, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

Dimensi sloof:

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$A_g = 120000 \text{ mm}^2$$

Mutu bahan:

$$f'_c = 40 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

Tulangan utama = D19

Tulangan Sengkang = D10

$$d = 400 - (40 + 10 + \frac{1}{2} 19) = 340,5 \text{ mm}$$

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya diasumsikan seperti penulangan pada kolom. Adapun beban sloof adalah Berat sendiri sloof.

$$qu = 1,4 \times 0,3 \times 0,4 \times 2400 = 403,2 \text{ kg/m}$$

$$= 4,032 \text{ kN/m}$$

Panjang sloof = 4,6 m

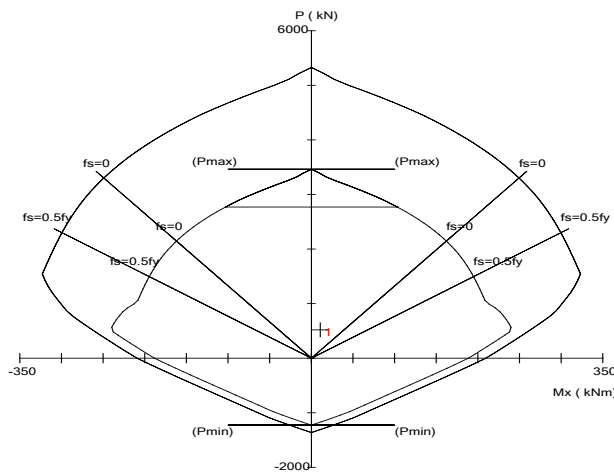
$$Mu_{\text{tump}} = \frac{1}{8} qu \cdot L^2 = \frac{1}{8} \times 4,032 \times 4,6^2$$

$$= 10,664 \text{ kNm}$$

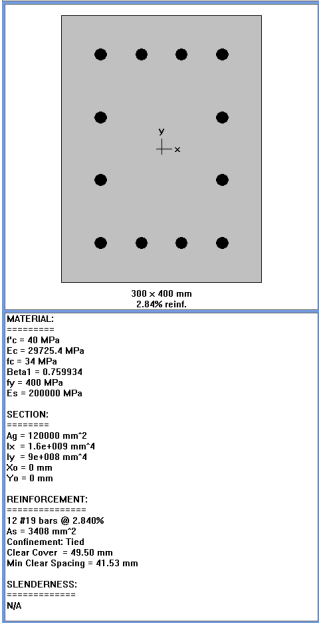
Lalu menggunakan program SPCol dengan memasukkan beban:

$$P = 10\% Pu = 10\% 5191,615 \text{ kN} = 519,16 \text{ kN}$$

$$Mu = 10,664 \text{ kNm}$$



Gambar 4. 51. Diagram Interaksi Sloof



Gambar 4. 52. Spesifikasi Penulangan Sloof

➤ Penulangan Geser Sloof

$$Vu = \frac{1}{2}qu \times L = \frac{1}{2} \times 4,032 \times 4,6 = 9,2736 \text{ kN}$$

$$d' = 400 - 40 - 10 - 19/2 = 340,5$$

$$Vc = \frac{bw \times d \times \sqrt{f'c}}{6} = \frac{300 \times 340,5 \times \sqrt{40}}{6} = 107675,55 \text{ N}$$

$\phi Vc > Vu$ (tulangan geser tidak diperlukan)

Jadi dipasang tulangan geser min

Smaks = d/2 atau 300 mm

$$d/2 = 340,5/2 = 170,25 \text{ mm}$$

$$Av \text{ min} = \frac{bw \times s}{3fy} = \frac{300 \times 170,25}{3 \times 400} = 42,56 \text{ mm}^2$$

Dipasang Senggang 2D10-150 mm

4.8.4 Perencanaan Pelat Basement

Data Perencanaan:

- Tebal Pelat = 200 mm
- Selimut beton = 40 mm
- Lx = 8400 mm
- Ly = 8400 mm
- Ly/Lx = 1
- f'c = 40 MPa
- fy = 400 MPa

4.8.4.1 Penulangan Akibat Beban Parkir

Beban Mati

- Berat Sendiri = $0,2 \times 2400 = 480 \text{ kg/m}^2$
- Berat Spesi 1cm = 21 kg/m^2
- Total = 501 kg/m^2

Beban Hidup

- Lantai Parkir = 800 kg/m^2

$$\text{Kombinasi} = 1,2D + 1,6L = 1881,2 \text{ kg/m}^2$$

Menurut PBI 1971, momen yang terjadi pada pelat dengan 4 ujung terjepit penuh adalah sebagai berikut :

- $M_{lx} = 0,001 q l x^2 X = 0,001 \times 1881,2 \times 8,4^2 \times 21 = 2787,48 \text{ kgm}$
- $M_{ly} = 0,001 q l x^2 X = 0,001 \times 1881,2 \times 8,4^2 \times 21 = 2787,48 \text{ kgm}$
- $M_{tx} = -0,001 q l x^2 X = 0,001 \times 1881,2 \times 8,4^2 \times 51 = -6902,34 \text{ kgm}$
- $M_{ty} = -0,001 q l x^2 X = 0,001 \times 1881,2 \times 8,4^2 \times 51 = -6902,34 \text{ kgm}$

Karena cara perhitungan penulangan tumpuan maupun lapangan tidak berbeda, maka dibawah ini di contohkan untuk perhitungan tulangan tumpuan arah X.

➤ Penulangan Tumpuan Arah X

$$dx = 200 - 40 - 16/2 = 152 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{40 - 28}{7} = 0,764$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0389$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0389 = 0,0292$$

$$\rho_{min} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,00395 \text{ (Menentukan !)}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{min} = 0,00395$$

$$m = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b x d^2} = \frac{6902340000}{0,9 \times 1000 \times 152^2} = 3,31 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{11,764} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 3,31}{400}} \right)$$

$$= 0,00874$$

$$\rho_{\min} = 0,00395 > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\max} = 0,0292$$

Maka, dipakai $\rho = 0,00874$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times 1000 \times d_x \\ &= 1329,83 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \times f'_{cx} \times b} = \frac{1329,83 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 15,64 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{15,64}{0,764} = 20,477 \text{ mm}$$

$$E_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{152 - 20,477}{20,477} \times 0,003 = 0,019$$

$$E_t > 0,005 \text{ [OK]}$$

Jadi, faktor reduksi $\emptyset = 0,90$ dapat digunakan

Syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 200 = 600 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan D22 mm, sehingga jarak antar tulangan :

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{1329,83}$$

$$= 151,19 \text{ mm}$$

$$S = 152,3 \text{ mm} < S_{\max} = 450 \text{ mm}$$

Sehingga, Tulangan yang dipakai D 16 - 150 mm

Dengan cara yang sama, didapatkan rekapitulasi pada Tabel 4. 50 :

Tabel 4. 49. Rekapitulasi Penulangan Akibat Beban Parkir

Mx	Tumpuan	Tulangan yang digunakan D 16 - 150 mm
	Lapangan	Tulangan yang digunakan D 13 - 150 mm
My	Tumpuan	Tulangan yang digunakan D 22 - 200 mm
	Lapangan	Tulangan yang digunakan D 13 - 200 mm

4.8.4.2 Akibat Gaya Uplift Air

$$q_{\text{air}} = (-4 - (-7)) \times 1000 = 3000 \text{ kg/m}^2$$

Beban air tersebut akan menjadi beban uplift pada pelat basement sehingga akan membuat pelat mengalami momen negatif.

Menurut PBI 1971, momen yang terjadi pada pelat dengan 4 ujung terjepit penuh adalah sebagai berikut :

- $M_{lx} = 0,001 q l x^2 X = 0,001 \times 3000 \times 8,4^2 \times 21 = 4445,28 \text{ kgm}$
- $M_{ly} = 0,001 q l x^2 X = 0,001 \times 3000 \times 8,4^2 \times 21 = 4445,28 \text{ kgm}$
- $M_{tx} = -0,001 q l x^2 X = 0,001 \times 3000 \times 8,4^2 \times 51 = -11007,36 \text{ kgm}$
- $M_{ty} = -0,001 q l x^2 X = 0,001 \times 3000 \times 8,4^2 \times 51 = -11007,36 \text{ kgm}$

Karena cara perhitungan penulangan tumpuan maupun lapangan tidak berbeda, maka dibawah ini di contohkan untuk perhitungan tulangan tumpuan arah X.

➤ Penulangan Tumpuan Arah X

$$dx = 200 - 40 - 22/2 = 149 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{40 - 28}{7} = 0,764$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,764 \times 40 \left(\frac{600}{600 + 400} \right)}{400} = 0,0389$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0389 = 0,0292$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,00395 \text{ (Menentukan !)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} = 0,00395$$

$$m = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b x d^2} = \frac{11007360000}{0,9 \times 1000 \times 149^2} = 5,5 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{11,764} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 5,5}{400}} \right)$$

$$= 0,0151$$

$\rho_{\text{min}} = 0,00395 > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{max}} = 0,0292$
Maka, dipakai $\rho = 0,0151$

$$\begin{aligned} \text{As}_{\text{perlu}} &= \rho \times 1000 \times d_x \\ &= 2252,36 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{\text{As} \cdot f_y}{0,85 \times f_{cx} \times b} = \frac{2252,36 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1000} = 26,5 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{26,5}{0,764} = 34,68 \text{ mm}$$

$$E_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{149 - 34,68}{34,68} \times 0,003 = 0,009$$

$E_t > 0,005$ [OK]

Jadi, faktor reduksi $\emptyset = 0,90$ dapat digunakan

Syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 200 = 600 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan D22 mm, sehingga jarak antar tulangan :

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{\text{As}_{\text{perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{2252,3622}$$

$$= 168,77 \text{ mm}$$

$$S = 168,77 \text{ mm} < S_{\text{max}} = 450 \text{ mm}$$

Sehingga, Tulangan yang dipakai D 22 - 150 mm

Dengan cara yang sama, didapatkan rekapitulasi pada Tabel 4. 51
:

Tabel 4. 50. Rekapitulasi Penulangan Akibat Beban Uplift Air

M_x	Tumpuan	Tulangan yang digunakan D 22 - 150 mm
	Lapangan	Tulangan yang digunakan D 13 - 150 mm
M_y	Tumpuan	Tulangan yang digunakan D 19 - 100 mm
	Lapangan	Tulangan yang digunakan D 16 - 200 mm

Oleh karena itu, penulangan diatas dipakai untuk semua pelat basement untuk mempermudah pelaksanaan dilapangan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perencanaan struktur yang dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini maka disimpulkan beberapa data sebagai berikut :

1. Berdasarkan SNI 2847:2013 didapatkan perhitungan tebal dimensi struktur sekunder dan struktur primer dari beberapa elemen struktur berikut:
 - a. Struktur Sekunder
 - Tebal Pelat Tangga = 150mm
 - Tebal Bordes = 120mm
 - Dimensi Balok Bordes = 200/300 mm
 - Dimensi Balok Lift = 200/300 mm
 - b. Struktur Primer
 - Dimensi BubbleDeck = 300mm dan 250mm
 - Dimensi Drop Panel = 2800x2800mm
 - Dimensi Balok Tepi = 400/550 mm
 - Dimensi Kolom = 700/700, 650/650, 550/550, 400/400
 - Dimensi Shearwall = tebal sebesar 350 mm
2. Perhitungan respon spectrum dengan bantuan puskim.pu.go.id wilayah gempa Jakarta dan perhitungannya berdasarkan SNI 1726:2012. Perhitungan pembebanan berdasarkan SNI 1727:2013.
3. Analisa gaya dalam struktur gedung menggunakan program bantu ETABS 2016. Gaya yang dimasukkan dalam permodelan adalah beban mati dan beban hidup berdasarkan peraturan di atas.
4. Sambungan Elemen Pracetak menggunakan produk NMB Splice Sleeve.
5. Pondasi yang direncanakan sesuai dengan ketentuan perhitungan tiang pancang (spun pile) produk dari WIKA

- Beton dengan metode tahanan ijin dan pile cap (poer) berdasarkan metode tahanan ultimate.
6. Elemen selain kolom tidak dibuat pracetak untuk mempermudah pelaksanaan di lapangan

5.2 Saran

Berdasarkan analisa secara keseluruhan dari proses penyusunan tugas akhir ini, beberapa saran yang dapat disampaikan oleh penulis diantaranya adalah :

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai permodelan dan Analisa perhitungan penulangan *BubbleDeck*, karena pada tugas akhir ini penulis hanya menggunakan brosur dan jurnal yang berkaitan yang jumlahnya sangat terbatas.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai keefektifan *BubbleDeck* sebagai struktur utama di dalam daerah rawan gempa.
3. Aspek biaya dan waktu diperhitungkan agar bisa dikomparasikan dengan kondisi eksisting sehingga didapatkan kelebihan dan kekurangannya.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI. *ACI 318-M14 BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR STRUCTURAL CONCRETE*. U.S.A : American Concrete Institute
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *SNI 1727:2012 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *SNI 2847:2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Björnson, G. 2003. *BubbleDeck; Two-Way Hollow Deck*. BubbleDeck International.
- Dewi, Ratih Sarwendah K. 2011. *KONSTRUKSI PRACETAK TAHAN GEMPA PADA RUMAH SUSUN SEWA SEDERHANA UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG*. Media Teknik Sipil Vol. 9 No. 1.
- Ervianto, WI. 2006. *Eksplorasi Teknolodi dalam Proyek Konstruksi : Beton Pracetak & Bekisting*. Yogyakarta : ANDI.
- Krismahardi, W., Wahyuono, P. 2013. *PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG “SUNTER PARK VIEW APARTMENT” SUNTER-JAKARTA UTARA*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Diponegoro.
- Noorhidana, Vera A. 2009. *ANALISIS EKSPERIMENTAL PENGARUH PENEMPATAN SAMBUNGAN BASAH*

(WET-JOINT) TERHADAP BEBAN ULTIMIT BALOK BETON BERTULANG. Jurnal Rekayasa Vol.13 No.1.

Sembiring, dkk. 2017. *PENGARUH VARIASI LETAK TULANGAN HORIZONTAL TERHADAP DAKTILITAS DAN KEKAKUAN DINDING GESER DENGAN PEMBEBANAN SIKLIK (QUASI-STATIS).* Jurnal Teknik Sipil UB Vol. 1 No. 1 pp78.

Sudarmoko. 1996. *Perancangan dan Analisis Kolom Beton Bertulang.* Yogyakarta : Biro Penerbit Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.

Susanti, Eka., dkk. 2016. *STUDI PERBANDINGAN PELAT BERUSUK DUA ARAH (WAFFLE SLAB) DAN PELAT KONVENSIONAL.* Jurnal IPTEK Vol. 20 No.1.

Wariyatno, Nanang G., dkk. 2017. *Flexural Behavior of Precast Hollow Core Slab Using PVC Pipe and Styrofoam with different Reinforcement.* Procedia Engineering 171.

Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983.* Bandung : Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.

LAMPIRAN

LOG BOR

Bor No	DB-01 (30m)
Location	Kampus UHAMKA Fakultas Ekonomi, Pasar Rebo, Jakarta Timur
Date	Agustus 2015
Type	Wash Boring

[illegible]



BubbleDeck Maximum Indicative Spans

The appropriate BubbleDeck slab version is bespoke engineered to suit building configuration, span length between supports, applied loadings and vertical alignment of supports. Indicative spans are given as a guide to what can be achieved.

Maximum spans indicated are based on 20mm concrete cover to bottom rebar (1 hour fire resistance); live load 3+1 kN/m², dead load 1.5 kN/m² and lightweight external envelope maximum 6 kN/m line load. Completed slab mass and Site Concrete Quantity based on 3 metre x 9 metre pre-cast elements with 51 kg/m² total reinforcement.

Version	Slab Thickness	Bubbles	Span (Multiple bays)	Cantilever Maximum Length	Span (Single bays)	Completed Slab Mass	Site Concrete Quantity
	mm	mm	metres	metres	metres	kN/m ²	m ³ /m ²
BD230	230	Ø 180	5 – 8.3	≤ 2.8	5 – 6.5	4.34	0.109
BD280	280	Ø 225	7 – 10.1	≤ 3.3	6 – 7.8	5.17	0.142
BD340	340	Ø 270	9 – 12.5	≤ 4.0	7 – 9.5	6.25	0.186
BD390	390	Ø 315	11 – 14.4	≤ 4.7	9 – 10.9	6.93	0.213
BD450	450	Ø 360	13 – 16.4	≤ 5.4	10 – 12.5	7.94	0.245
BD510 *	510	Ø 410	15 – 18.8	≤ 6.1	11 – 13.9	9.06	0.291
BD600 *	600	Ø 500	16 – 21.0	≤ 7.2	12 – 15.0	10.22	0.338

* New 2006 BubbleDeck slab configurations: Agrément certification pending, outside scope of KOMO technical certificate.



Schematic Design Basic Principle

As a general guide for project scoping purposes at feasibility stage the maximum achievable spans for each BubbleDeck slab depth is usually determined by deflection limitations. This criteria is controlled by the ratio of span / effective depth (L/d) stipulated in BS8110 or EC2 and modified by applying a factor of approximately 1.5, permitted by these Standards to take account of BubbleDeck's dramatically lower dead weight than traditional solid flat slabs.

BubbleDeck Span / Depth ratios (R)

L/d ≤ 30 for simply supported floors (Single Bay Rows) *1

L/d ≤ 41 for continuously supported floors (Multiple Spans) *2

BubbleDeck® Design Guide

Ball diameter	[cm]	18.00	22.50	27.00	31.50	36.00	40.50	45.00
Minimum axis spacing	[cm]	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00
Maximum number of balls	[1/m²]	25.00	16.00	11.11	8.16	6.25	4.94	4.00
Recommended minimum slab thickness	[cm]	23.00	28.00	34.00	40.00	45.00	52.00	58.00
Load reduction per ball	[kN]	0.08	0.15	0.26	0.41	0.61	0.87	1.19
Maximum load reduction per sq. metre	[kN/m²]	1.91	2.39	2.85	3.34	3.82	4.29	4.77
Rigidity factor	[-]	0.88	0.87	0.87	0.88	0.87	0.88	0.88
Shear factor	[-]	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

4 BENDING-STRENGTH DESIGN

Bending-strength design for a rectangular cross section can be performed with conventional tools if the following limits are observed:

DIN 1045-1:	$\mu_{rel} = m_{rel} \cdot D_{50} \cdot 1.96 / (d_s^2 \cdot f_{tk}) \leq 0.2$
where:	μ_{rel} = relative bending moment in the ball zone [-]
	m_{rel} = max. bending moment [MN/m]
	D_{50} = ball diameter [m]
	d_s = static height of the BubbleDeck® [m]
	f_{tk} = characteristic strength according to DIN 1045-1 [MN/m²]
DIN 1045:	$m_{rel} = m \cdot D_{50} \cdot 1.17 / (d_s^2 \cdot \sigma_s) \leq 0.2$
where:	m_{rel} = relative bending moment in the ball zone [-]
	m = max. bending moment under occupancy load [MN/m]
	D_{50} = ball diameter [m]
	d_s = static height of the BubbleDeck® [m]
	σ_s = calculated strength according to DIN 1045 [MN/m²]

5 FIRE PROTECTION

According to the general building supervisory authority test certification P-SAC 02/IV-065, MFPA Leipzig e.V.:

The minimum concrete covering min c to the lower reinforcement depending on the fire-resistance duration and the steel stresses under the computed occupancy load can be determined according to the following table.

Steel stress σ_s [MN/m²] ≤	Steel utilisation σ_s [MN/m²] / 286 [MN/m²] * 100 %	Fire resistance (minutes)				
		30	60	90	120	180
100	66 %	1.7 cm	1.7 cm	1.7 cm	1.7 cm	-
286	100 %	1.7 cm	2.9 cm	3.5 cm	4.2 cm	5.5 cm

The concrete covering to the ball can be 0.5 cm less than the aforementioned values. The hollow plastic balls consist of high-density polyethylene (HDPE) and must comply with construction material class B2 according to DIN 4102-1 at minimum. The upper concrete covering min c to the ball must be at least 2.50 cm.

6 SOUND INSULATION

According to the general building supervisory authority test certification P-SAC 02/IV-065, MFPA Leipzig e.V.:

Evaluated sound reduction index R_{wL}	Equivalent evaluated standard footstep sound level $L_{w,step}$	Slab thickness	Ball size
55 dB	77 dB	23 cm	18 cm
57 dB	73 dB	34 cm	27 cm

4. STRUCTURAL DESIGN PROCESS FOR COBIAX SLABS

4.1 Introduction

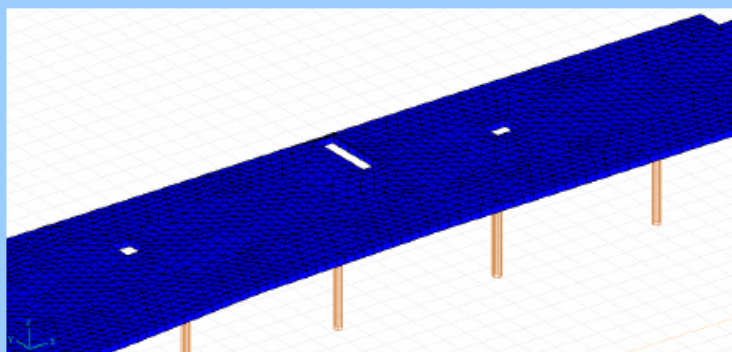
Below six steps explain the generic design process for Cobiax flat slabs with the help of Finite Element (FE) software. The process is based on the common methods used for the structural design of concrete flat slabs and compatible with any code.

The accompanying example is based on the "Axis VM 9" FEM software but the underlying principles are applicable to any FEM software allowing the design of flat slabs.

4.2 Design Step ① – Assumptions, data input, and Cobiax parameter

- ☐ Define the input data such as slab geometry, static system, loads, material values, concrete covers in the same way as you do for a solid slab. Enter and model the slab in your FEM software.
- ☐ Assume an appropriate slab depth in the same way as you do for a solid slab.
- ☐ Based on the chosen slab depth, identify the corresponding Cobiax cage module type from Table 1 in paragraph 2.2. as well as the corresponding dead load reduction and stiffness correction factor

Example



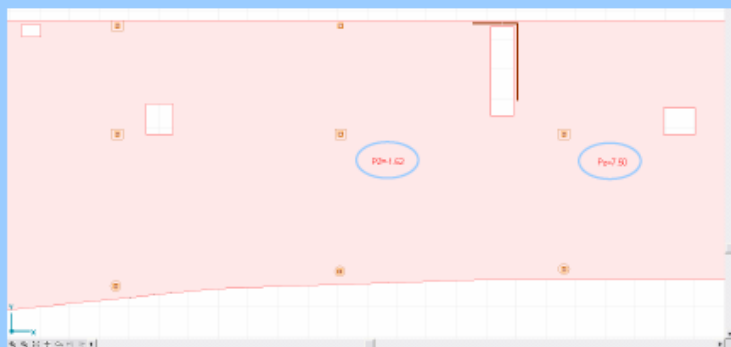
FEM Model of a slab (3D view) containing some openings and supported on columns; the following assumptions are made:

- Modulus of elasticity of concrete E (Young modulus): $E = 34'000 \text{ N/mm}^2$
- Concrete density: 25 kN/m^3
- Top and bottom rebar cover: 25 mm
- Slab depth: 300 mm
- Resulting Cobiax cage module: **CBCM-S-180** with:
 - Dead Load reduction **-2.32 kN/m²**
 - Stiffness correction factor **0.91**

4.3 Design Step ② – Additional dead load pattern

- ❑ Based on experience, the net void former area in a slab is in a range of 70-80%. For pre-design purposes it is recommended to use a value of 70% as average voided area in a slab. Thus, the average dead load reduction is to be adapted.
- ❑ Create an additional dead load pattern for your FE model which equals to 70% of the identified dead load reduction from Step ①. Apply this additional dead load pattern to the gross slab area as a surface load acting in the opposite direction (upwards sense).

Example



- Dead load (DL) of solid slab: $0.3 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3 = 7.50 \text{ kN/m}^2$ (slab self weight)
- Additional dead load pattern with an oppositely oriented surface load of: $70\% \times -2.32 \text{ kN/m}^2 = -1.62 \text{ kN/m}^2$

4.4 Design Step ③ – Stiffness modification and deflection calculation

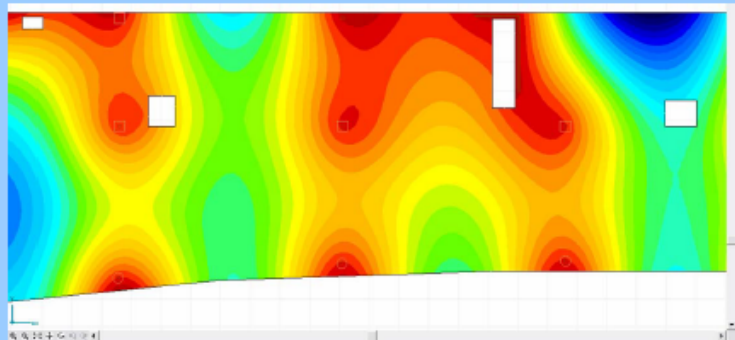
- ❑ Modify the modulus of elasticity E of concrete assumed in your calculation model by multiplying its value with the stiffness correction factor identified under Step ①.
- ❑ OR: If your FEM software allows, modify the global stiffness factor of the slab by multiplying its value with the stiffness correction factor identified under Step ①.
- ❑ Compute the resulting deflection incorporating the additional dead load pattern from Step ② and the modified stiffness.
- ❑ Check if the calculated deflection complies with your criteria. If yes, continue with Step ④. If no, adjust the slab depth accordingly and restart at Step ①.

Example

- Modification of E : $0.91 \times 34'000 \text{ N/mm}^2 = 30'940 \text{ N/mm}^2$
- OR: changing of the global stiffness factor from 1 to **0.91**

continued on next page...

Example (continued from step ③)



Calculation of the slab deformation and verification of its compliance with the chosen deflection criterion. Depending on the FEM software used the deformation calculation is linear (State I, elastic) or non-linear and allows to calculate the long-term deflection (State II, cracked). For the linear case the elastic deformation values obtained from the calculation are treated in the same way as for solid slabs for the evaluation of the long term deflection.

4.5 Design Step ④ – Shear criteria and solid area identification

- ☐ Hand-calculate the maximum allowable shear force V_c (or design concrete shear stress [depending on the code you use]) for a solid slab with the same depth as assumed under Step ①. Multiply this value with the corresponding Cobiax shear reduction factor from Table 1 in paragraph 2.2 to obtain the corresponding maximum allowable shear force (or design concrete shear stress) for the voided slab.
- ☐ Display the design shear force distribution in the slab model (incorporating the additional dead load pattern from Step ③). Identify the areas of the slab for which the shear force exceeds above hand-calculated value for the voided slab. These areas correspond to the zones of the slab in which no void formers must be placed.

Example

- Assume for the present example that the hand-calculation for the 300 mm deep solid slab gives a maximum allowable shear force of $V_c = 100 \text{ kN/m}$
- Shear reduction factor for the Cobiax **CBCM-S-180** cage module: **0.50**
- The maximum allowable shear force for the voided slab is:
 $V_{c,Cobiax} = 0.50 \times 100 \text{ kN/m} = 50 \text{ kN/m}$

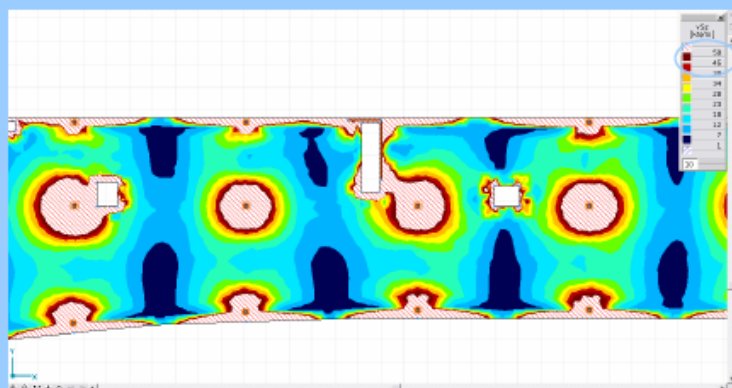
continued on next page...

Example (continued from Step ③)

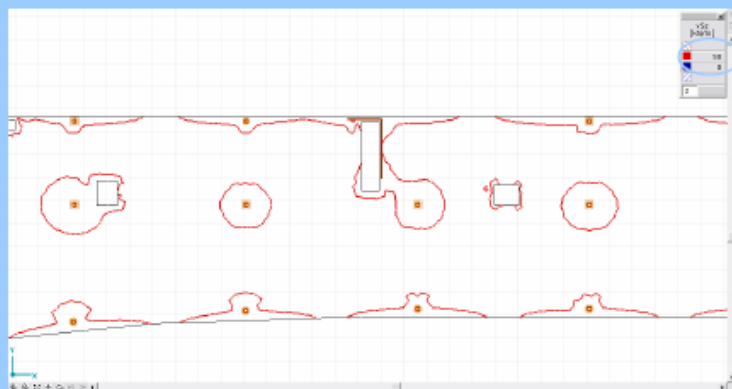
The shear force distribution in the slab is computed by maintaining the additional dead load pattern created under Step ③. The areas exceeding the maximum allowable shear force $V_{c,Cobiax}$ for the voided slab are visualized.

Depending on the functionalities of the FEM software this can be done:

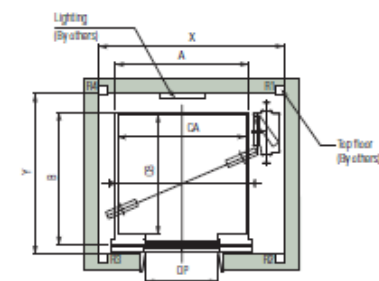
Either as shear plot (the red hatched areas are zones in which the shear force is ≥ 50 kN/m and thus are executed without void formers):



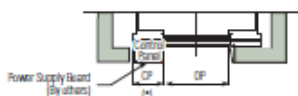
Or alternatively as an isometric line shear force contours equalling to the value of 50 kN/m and delimiting the areas within which no void former are to be placed:



Plan of Hoistway

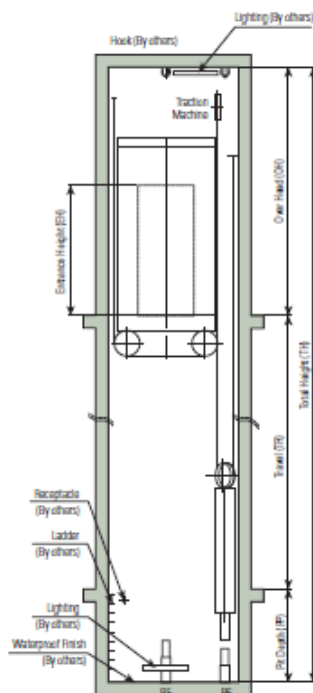


Floor without control panel



Floor with control panel

Section of Hoistway



Overhead & Pit Depth

(Unit : mm)

Duty Load (kg)	Speed (m/s)	Overhead (OH)		Pit Depth (PP)	Control Panel (CP)*
		2 Panel Center Open	2 Panel Side Open		
550 ~ 1150	1.0	3800	4300	1500	530
	1.5	3700	4400	1800	
	1.75	4000	4500	2100	
700 ~ 1150	2.0	4300	4800	2200	530
	2.5	5100	5000	2400	630
1350 ~ 1000	1.0	4200	4700	1500	530
	1.5	4300	4800	1800	
	1.75	4500	5000	2100	
	2.0	4800	5300	2200	
	2.5	5100	5000	2400	
	1.0	4400	4700	1750	
1750 ~ 2000	1.5	4500	5000	1700	630
	1.75	4600	5100	2100	
	1.0	5000	5500	1750	
2250 ~ 2500	1.5	5100	5000	1700	630
	1.75	5300	5800	2100	

- Notes :
- Above dimensions are applied for car height of 2500mm and standard car size & opening for other applicable dimensions, please contact us.
 - In case of side open or requested wide opening size to compare car width, OH should be increased 500mm.
 - When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, please consult us.

Standard Dimensions

Manufacturer Standard

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening	Car		Hoistway Size		M/C Room Reaction (kg)				Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg		OP	CA × CB	A × B	X	Y	R1	R2	R3	R4	R5	R6
1.0	8	550	2 Panel Center Open	800	1300 × 1100	1360 × 1255	2050	1700	4000	2100	1500	600	7000	1600
	9	600		800	1300 × 1190	1360 × 1345	2050	1800	4100	2300	1600	600	7300	1600
	10	700		800	1300 × 1300	1360 × 1455	2050	1800	4500	2300	1700	650	7800	1600
	11	750		800	1300 × 1400	1360 × 1555	2050	1850	4800	2300	1750	700	8100	1700
	13	900		900	1600 × 1300	1660 × 1505	2300	1850	5100	2500	1800	750	9200	1900
1.5	15	1000		900	1600 × 1400	1660 × 1555	2300	1900	5400	2700	1900	800	9800	2000
	17	1150		1000	1800 × 1400	1900 × 1570	2600	2100	6300	3400	2100	900	12500	2500
	20	1350		1000	1800 × 1600	1900 × 1770	2650	2400	7700	4300	2500	1100	13900	3000
	24	1600		1100	2000 × 1700	2100 × 1870	2900	2450	7900	4600	2600	1200	15200	3200
	27	1750		1200	2100 × 1750	2200 × 1920	3000	2500	8600	4300	2900	1300	16700	2800
1.75	30	2000		1200	2100 × 1900	2200 × 2070	3000	2550	9100	4700	3100	1300	19800	3300
	36	2500		1300	2200 × 2200	2300 × 2370	3300	3000	10300	5200	3300	1600	24000	3700
	13	900		900	1600 × 1300	1700 × 1520	2500	2100	5900	3700	1800	900	11200	2300
	15	1000		900	1600 × 1400	1700 × 1670	2600	2100	6100	3900	2200	900	11800	2500
	17	1150		1000	1800 × 1400	1900 × 1670	2700	2100	6600	4200	2300	900	14200	2700
2.0	20	1350		1000	1800 × 1600	1900 × 1870	2700	2400	8200	4600	2600	1200	16500	3100
	24	1600		1100	2000 × 1700	2100 × 1920	2900	2450	8300	4900	2700	1200	17800	3300
	13	900		900	1600 × 1350	1700 × 1520	2500	2250	5900	3700	1800	900	11200	2300
	15	1000		900	1600 × 1400	1700 × 1670	2600	2250	6100	3900	2200	900	11800	2500
	17	1150		1000	1800 × 1400	1900 × 1670	2700	2250	6600	4200	2300	900	14200	2700
2.5	20	1350		1000	1800 × 1600	1900 × 1870	2700	2400	8200	4600	2600	1200	16500	3100
	24	1600		1100	2000 × 1700	2100 × 1920	2900	2450	8300	4900	2700	1200	17800	3300

EN81 Standard

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening	Car		Hoistway Size		M/C Room Reaction (kg)				Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg		OP	CA × CB	A × B	X	Y	R1	R2	R3	R4	R5	R6
1.0	7	550	2 Panel Center Open	800	1300 × 1100	1360 × 1255	2050	1700	4000	2100	1500	600	7000	1600
	8	630		800	1300 × 1190	1360 × 1345	2050	1800	4100	2300	1600	600	7300	1600
	9	700		800	1300 × 1300	1360 × 1455	2050	1800	4500	2300	1700	650	7800	1600
	10	800		800	1300 × 1400	1360 × 1555	2050	1850	4800	2300	1750	700	8100	1700
	12	900		900	1600 × 1300	1660 × 1455	2300	1850	5100	2500	1800	750	9200	1900
1.5	13	1000		900	1600 × 1400	1660 × 1555	2300	1900	5400	2700	1900	800	9800	2000
	15	1150		1000	1800 × 1400	1900 × 1570	2600	2100	6300	3400	2100	900	12500	2500
	18	1350		1000	1800 × 1600	1900 × 1770	2650	2400	7700	4300	2500	1100	13900	3000
	21	1600		1100	2000 × 1700	2100 × 1870	2900	2450	7900	4600	2600	1200	15200	3200
	23	1750		1200	2100 × 1750	2200 × 1920	3000	2500	8600	4300	2900	1300	16700	2800
1.75	26	2000		1200	2100 × 1900	2200 × 2070	3000	2550	9100	4700	3100	1300	19800	3300
	33	2500		1300	2200 × 2200	2300 × 2370	3300	3000	10300	5200	3300	1600	24000	3700
	12	900		900	1600 × 1300	1700 × 1520	2500	2100	5900	3700	1800	900	11200	2300
	13	1000		900	1600 × 1400	1700 × 1670	2600	2100	6100	3900	2200	900	11800	2500
	15	1150		1000	1800 × 1400	1900 × 1670	2700	2100	6600	4200	2300	900	14200	2700
2.0	18	1350		1000	1800 × 1600	1900 × 1870	2700	2400	8200	4600	2600	1200	16500	3100
	21	1600		1100	2000 × 1700	2100 × 1920	2900	2450	8300	4900	2700	1200	17800	3300
	12	900		900	1600 × 1300	1700 × 1520	2500	2250	5900	3700	1800	900	11200	2300
	13	1000		900	1600 × 1400	1700 × 1670	2600	2250	6100	3900	2200	900	11800	2500
	15	1150		1000	1800 × 1400	1900 × 1670	2700	2250	6600	4200	2300	900	14200	2700
2.5	18	1350		1000	1800 × 1600	1900 × 1870	2700	2400	8200	4600	2600	1200	16500	3100
	21	1600		1100	2000 × 1700	2100 × 1920	2900	2450	8300	4900	2700	1200	17800	3300



NMB SPLICE

NMB SPLICE-SLEEVE

Steel Specification: The material properties of the NMB Splice Sleeve® iron castings conform to proprietary specification based on ASTM A536-84. The Models 5U-X and 6U-X satisfy the ASTM A536 Grade 65-45-12 [minimum yield and tensile strength of 65,000 and 45,000 psi respectively], Model 7U-X through Model 14U-X, Model A11W, and Model SNX11 satisfy ASTM A536 [Grade 80-55-06] with a Grade of 85-60-06 [minimum yield and tensile strength of 85,000 and 60,000 psi respectively].

Grout Specification: The grout used in the NMB must be non-metallic, "SS Mortar®". Minimum grout strength requirements for ASTM A615 Grade 60 rebars:

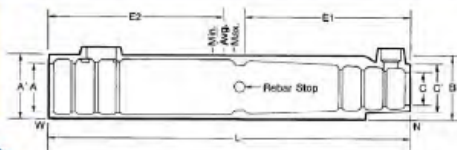
Type 2 (ACI)*	(100% $F_u = 150\% F_y = 90$ ksi)	9,500 psi
Type 1 & AASHTO	(125% $F_y = 75$ ksi)	6,500 psi
Yield Strength	(100% $F_y = 60$ ksi)	4,000 psi

NOTE: to allow for variations in curing, typically cube breaks of 4,000-psi are specified by the EOR for removal of bracing and continued erection.

*Note that for ASTM A706 Grade 60 rebars, 100% of specified tensile equals 133% of specified yield.

DIMENSIONS OF NMB SPLICE-SLEEVES*										RECOMMENDED REBAR EMBEDMENT LENGTH							
Sleeve No.	Bar Diameter	ASTM Bar Size		Sleeve Length (L) inch (mm)	Narrow End Diameter			Max. Dia. (B) inch (mm)	Wide End Diameter			Factory Dowel (E1) inch (mm)		Field Dowel (E2) inch (mm)			SS Mortar lbs. per Sleeve (kg)
		U.S.	Metric		I.D. (C) inch (mm)	O.D. (C') inch (mm)	I.D. (A) inch (mm)		Total Tolerance inch (mm)	O.D. (A') inch (mm)	Min.	Max.	Min.	Avg.	Max.		
5U-X	0.625	#5	16 MM	9.65 (245)	0.87 (22)	1.50 (38)	1.81 (46)	1.26 (32)	0.63 (16)	1.89 (48)	4.13 (105)	4.33 (110)	4.13 (105)	4.53 (115)	4.92 (125)	1.26 (0.57)	
6U-X	0.750	#6	20 MM	11.22 (285)	1.02 (26)	1.65 (42)	1.97 (50)	1.42 (36)	0.67 (17)	2.05 (52)	4.92 (125)	5.12 (130)	4.92 (125)	5.32 (135)	5.71 (145)	1.76 (0.80)	
7U-X	0.875	#7	22 MM	12.80 (325)	1.14 (29)	1.77 (45)	2.28 (58)	1.73 (44)	0.86 (22)	2.36 (60)	5.71 (145)	5.91 (150)	5.71 (145)	6.11 (155)	6.50 (165)	2.65 (1.20)	
8U-X	1.000	#8	25 MM	14.57 (370)	1.30 (33)	1.98 (49)	2.48 (63)	1.89 (48)	0.89 (23)	2.52 (64)	6.50 (165)	6.69 (170)	6.50 (165)	6.99 (178)	7.48 (190)	3.46 (1.57)	
9U-X	1.128	#9	28 MM	16.34 (415)	1.42 (36)	2.06 (52)	2.60 (66)	2.01 (51)	0.89 (23)	2.67 (68)	7.40 (188)	7.56 (192)	7.40 (188)	7.88 (200)	8.35 (212)	3.95 (1.79)	
10U-X	1.270	#10	32 MM	17.91 (455)	1.57 (40)	2.28 (58)	2.80 (71)	2.16 (55)	0.89 (23)	2.87 (73)	8.19 (208)	8.35 (212)	8.19 (208)	8.66 (220)	9.13 (232)	4.94 (2.24)	
11U-X	1.410	#11	35 MM	19.49 (495)	1.73 (44)	2.40 (61)	3.03 (77)	2.32 (59)	0.91 (23)	3.03 (77)	8.98 (228)	9.13 (232)	8.98 (228)	9.45 (240)	9.92 (252)	6.02 (2.73)	
SNX11	1.410	#11	35 MM	19.09 (485)	1.69 (43)	3.03 (77)	3.03 (77)	2.32 (59)	0.91 (23)	3.03 (77)	8.86 (225)	9.25 (235)	8.27 (210)	8.86 (225)	9.45 (240)	6.99 (3.17)	
A11W	1.410	#11	35 MM	19.49 (495)	1.73 (44)	3.31 (84)	3.30 (84)	2.60 (66)	1.19 (30)	3.30 (84)	8.86 (225)	9.69 (246)	8.27 (210)	8.96 (228)	9.50 (241)	7.74 (3.52)	
14U-X	1.693	#14	40 MM	24.41 (620)	2.01 (51)	2.80 (71)	3.46 (88)	2.60 (66)	0.91 (23)	3.46 (88)	11.42 (290)	11.61 (295)	11.42 (290)	11.91 (303)	12.40 (315)	9.19 (4.17)	
18U	2.257	#18	57 MM	36.22 (920)	2.68 (68)	3.66 (93)	4.72 (120)	3.27 (83)	1.01 (26)	4.25 (108)	17.00 (432)	18.11 (460)	17.00 (432)	17.56 (446)	18.11 (460)	25.31 (11.48)	

**The minimum embedment length for the bars using a larger size sleeve must follow the requirements for the sleeve size, not the bar size. For example, for a #9 bar with #11U-X sleeve, the embedment length must be based upon 11U-X, i.e. the maximum factory dowel (E1) is 9.13"; the maximum field dowel (E2) is 9.92".



About the COLIFT Mounting System

1.1 Material properties and quality

The COLIFT Mounting System's parts are produced from special steel according to *Table 1*:

Table 1. Materials of the COLIFT Mounting System.

Mounting shaft	Alloy steel	EN 10083-3
Slip guard	Structural steel	EN 10025-2
Rope strut	Structural steel	EN 10025-2
End plate	Structural steel	EN 10025-2
Nuts	Carbon steel	EN ISO 898-1

The COLIFT Mounting System is supplied with standard primer rust protection.

Peikko Group's production units are externally controlled and periodically audited on the basis of production certifications and product approvals issued by various organizations, including VTT Expert Services, Nordcert, SLV, TSUS, and SPSC.

1.2 Dimensions and weights of system components

The dimensions of the standard models of COLIFT Mounting System are in *Table 2* and *Table 3*.

Table 2. Dimensions of the mounting shaft and slip guard.

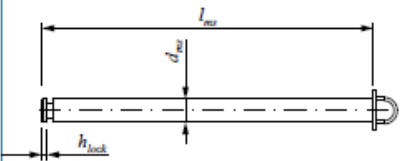
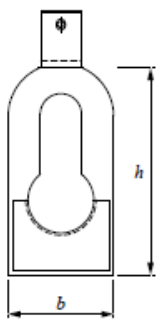
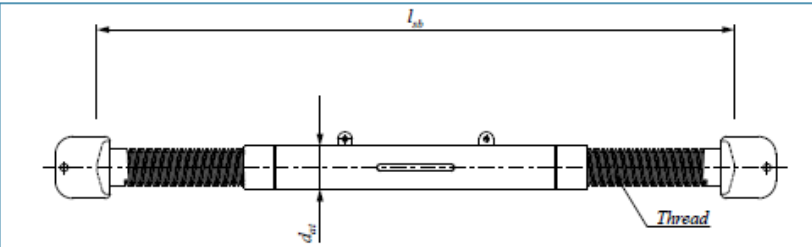
Mounting shaft		Slip guard			
					
	Unit	MW d70	MW d90	MW d115	MW d140
d_{ms}	mm	70	90	115	140
l_{ms}	mm	1200	1400	1800	2000
h_{lock}	mm	15	18	23	33
h	mm	307	364	438	470
b	mm	170	190	220	240
Mounting shaft	kg	39	73	153	247
Slip guard	kg	5.9	9.4	15.3	22.3

Table 3. Dimensions of the rope strut.



	Unit	PS 01	PS 02	PS 03
d_s	mm	121	121	121
Thread		M100 × 12	M100 × 12	M100 × 12
$L_{sub,min}$	mm	1124	824	624
$L_{sub,max}$	mm	1804	1204	904
Weight	kg	73	61	54

* The rope strut can be combined with every mounting shaft model.

**NOTE:**

Standard delivery for each COLIFT Mounting System includes a mounting shaft, a rope strut, and a slip guard. Lifting slings and connecting ropes are not supplied by Peikko.

**WARNING:**

All parts of the COLIFT Mounting System produced by Peikko Group are intended only for the purposes stated in this technical manual. Never use any part of the mounting system for other purposes.

1.3 Standard safe working load for the COLIFT Mounting System

The resistance of the COLIFT Mounting System is determined by a design concept that refers to the following standards and regulations:

- Machinery Directive 2006/42/EC
- EN ISO 12100
- EN 13001
- DIN 15429:1978
- DGV 100-500
- DGV 201-002
- DGV 209-013

The limiting factor that determines the working life of the COLIFT Mounting System is the fatigue of the material. Based on the requirements according to EN 13001, the COLIFT Mounting System is designed for 90,000 load cycles.

About the COLIFT Mounting System

The minimum working distance between the lifting slings and the closest element surface is 50 mm. For columns with no corbels, this is measured from the element surface. If corbels are used, it is the distance between the corbel and the lifting sling (Figure 4 and Figure 5).

Figure 4. Minimum spacing between slings and column without corbels.

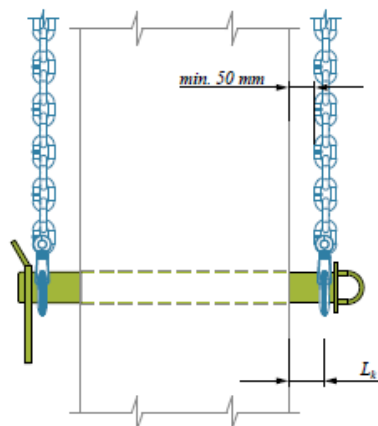
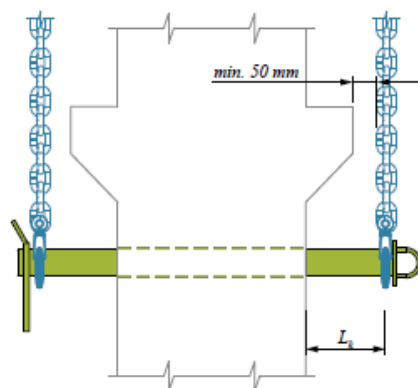


Figure 5. Minimum spacing between slings and column with corbels.



The COLIFT Mounting System can be used in compliance with two design concepts:

- Standard safe working load
- Extended safe working load

Standard safe working load

The standard safe working loads are determined for the most demanding case that can occur during the lifetime of the COLIFT Mounting System, where the maximum allowed wear of the mounting shaft is 5% with the maximum dynamic factor equal to 1.3 (maximum lifting speed 0.6 m/s and hoisting class HC2). The standard solution capacities in Table 4 are based on the dimensions of the mounting shaft and the lever arm L_k .

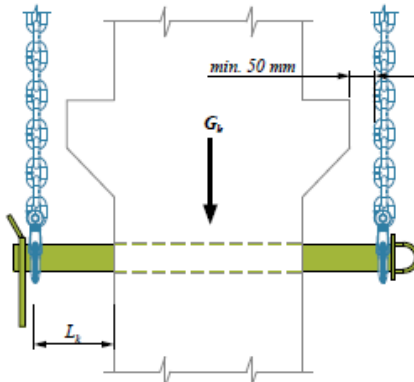


NOTE:

Before selecting the mounting shaft, please consider that the minimum compressive strength of the precast concrete element must be at least 40 MPa.

If the compressive strength of the concrete is less than 40 MPa, use a different lifting system for demolding and transportation. The design criteria for lower concrete strength can be found in Annex B.

Table 4. Standard safe working load (SWL) capacities of the COLIFT Mounting System [tons].



G_k = Weight of the element [tons]

Spacing Length		MW d70	MW d90	MW d115	MW d140
		SWL [t]	SWL [t]	SWL [t]	SWL [t]
L_k [mm]	50	15.8	37.0	58.0	90.0
	250	7.0	15.5	26.5	45.5
	300	6.3	13.0	23.0	40.0
	350	5.6	11.5	20.0	35.5

**WARNING:**

The mounting shaft must be loaded symmetrically during the lifting process. The spacing between the slings and the lifted element surface must be equal on both sides. The symmetry of the load on the mounting shaft must be checked and adjusted every time.

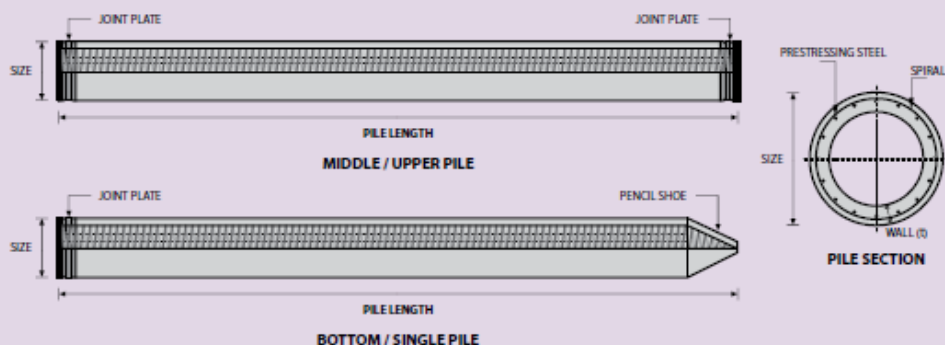
Extended safe working load

The extended safe working load solution provides a more precise definition of the safe working load based on the real wear of the mounting shaft, the dynamic factor, and the concrete grade of the precast element. This solution requires individual justification of the wear and defining dynamic factor based on the real lifting speed and the type of crane. More information can be found in Annex B.

MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 15 - 2049 - 2004	Portland Cement	Standard Product Type I Special Order : Type II or V
Admixture	ASTM C 494 / C 494M - 99a	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : High Range Water Reducing Admixture
Concrete	SNI 03 - 2834 - 1993 SNI 03 - 2493 - 1991	Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample	
PC Strand	ASTM A 416 / A 416M - 99	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete	Grade 270 (Low Relaxation Type)
PC Wire	JIS G 3536 - 1999	Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete	SWPD1 (Deformed Wire Type)
PC Bar	JIS G 3137 - 1994	Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420
Rebar	SNI 07 - 2052 - 2002	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BJTS 40 (Deformed) Steel Class : BJTP 24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2000	Low Carbon Steel Wires	SWM-P (Round Type) Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric.
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steels for General Structure	SS400 (Tensile Strength 400 N/mm ²) Applicable steel product for steel plates and sheets, steel strip in coil, sections, flats and bars.
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 900	Structural Welding Code Steel	AWS A5.1/E6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent.

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^2)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm^2)	Section Inertia (cm^4)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack * (ton.m)	Break (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
					C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

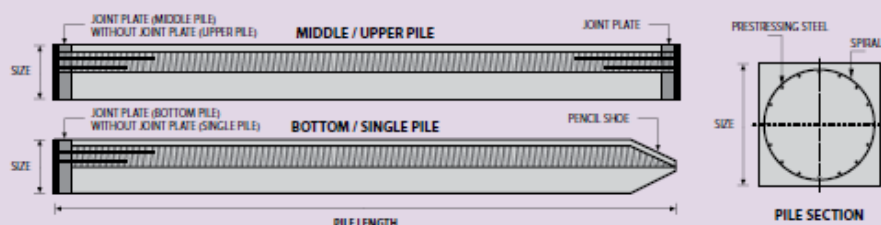
Note : *) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

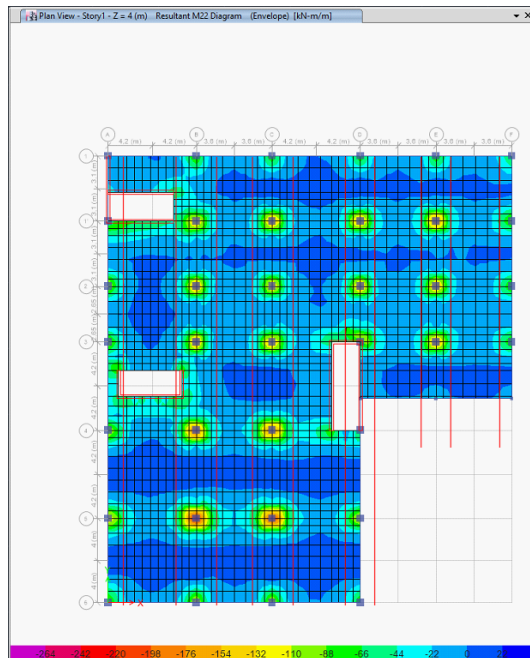
Unit Conversion : 1 ton = 9.8066 kN

**) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

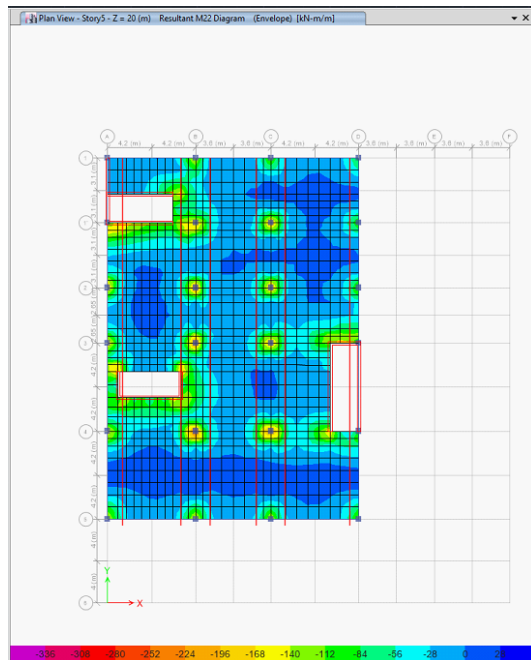
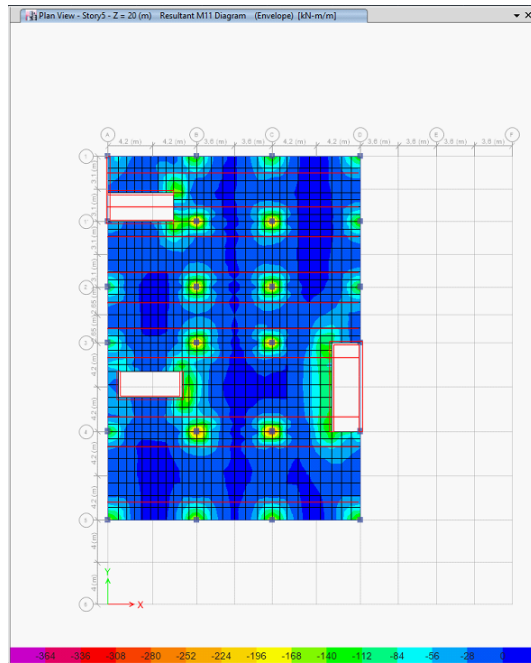
**) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILES

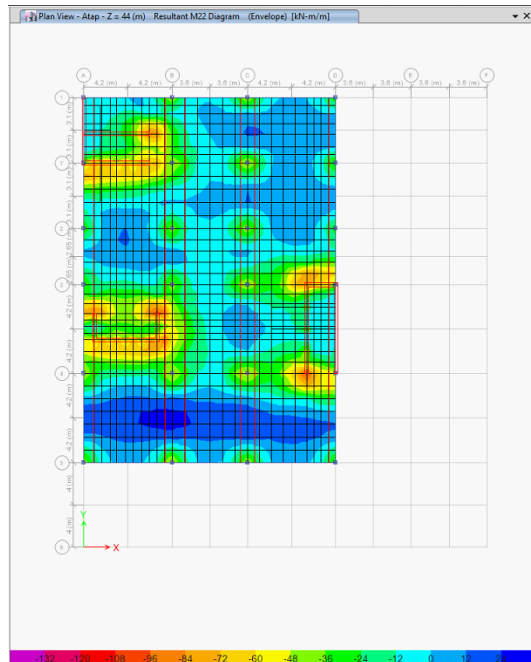
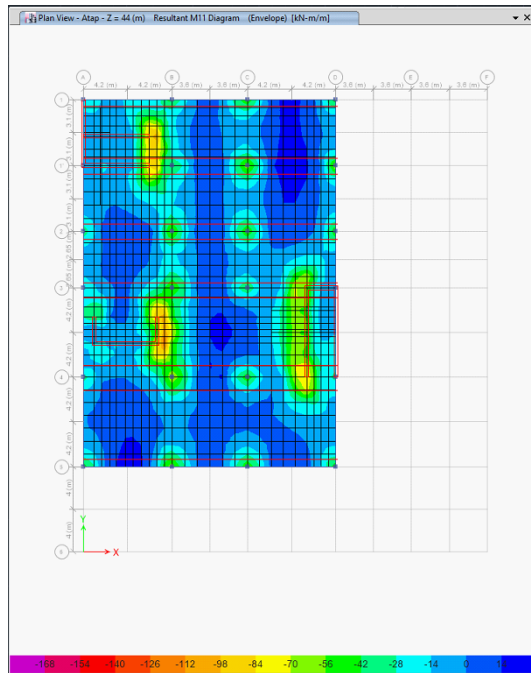




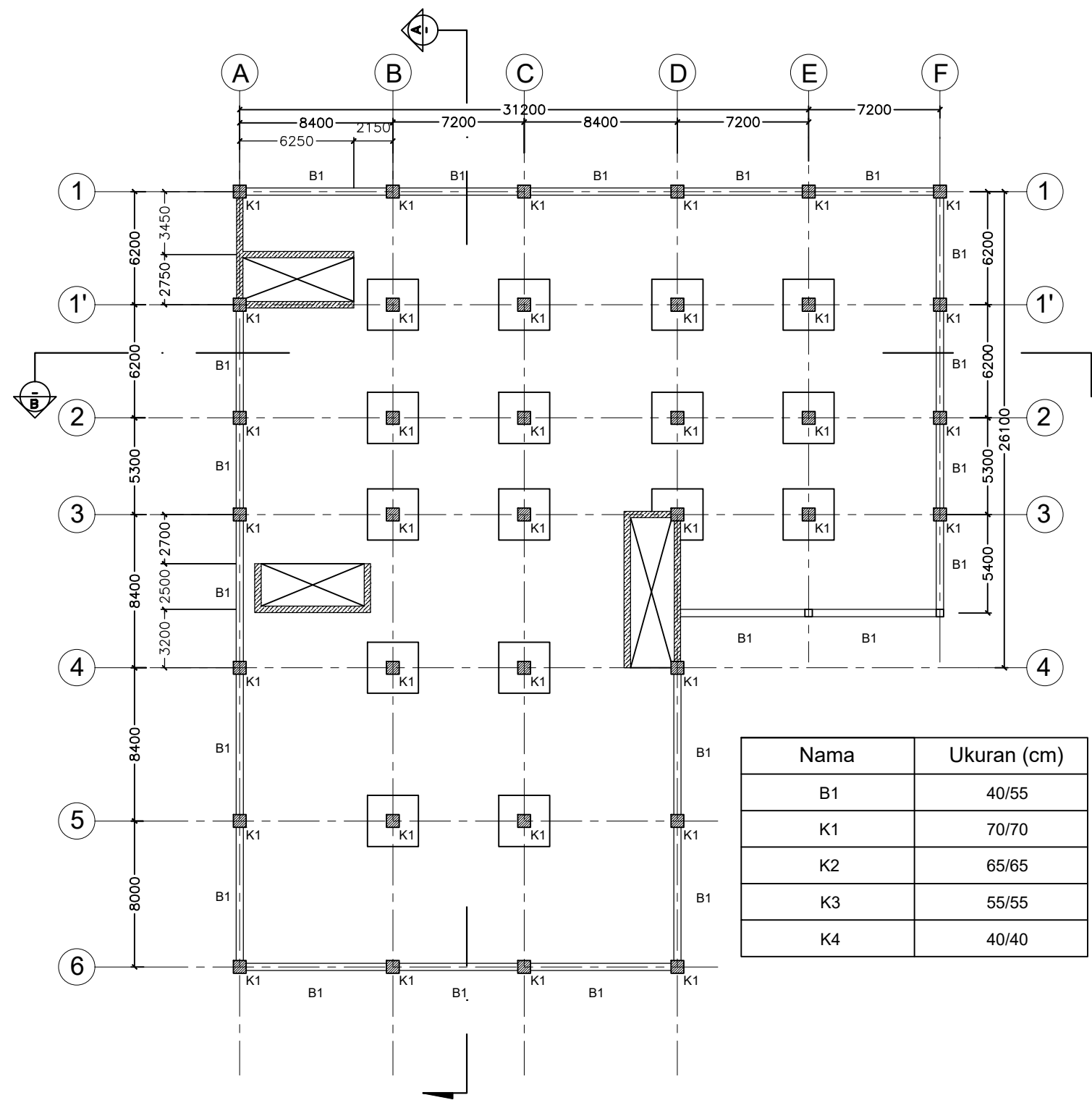
Kontur Momen



Daerah *Bubble* ditiadakan pada Lantai 5-10 berdasarkan Kontur Momen

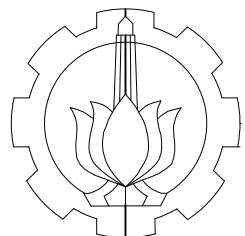


Daerah *Bubble* ditiadakan pada Lantai Atap berdasarkan Kontur Momen



- DENAH BALOK - KOLOM LT 1
SKALA 1:300

Semua Dimensi dalam mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml. Lembar

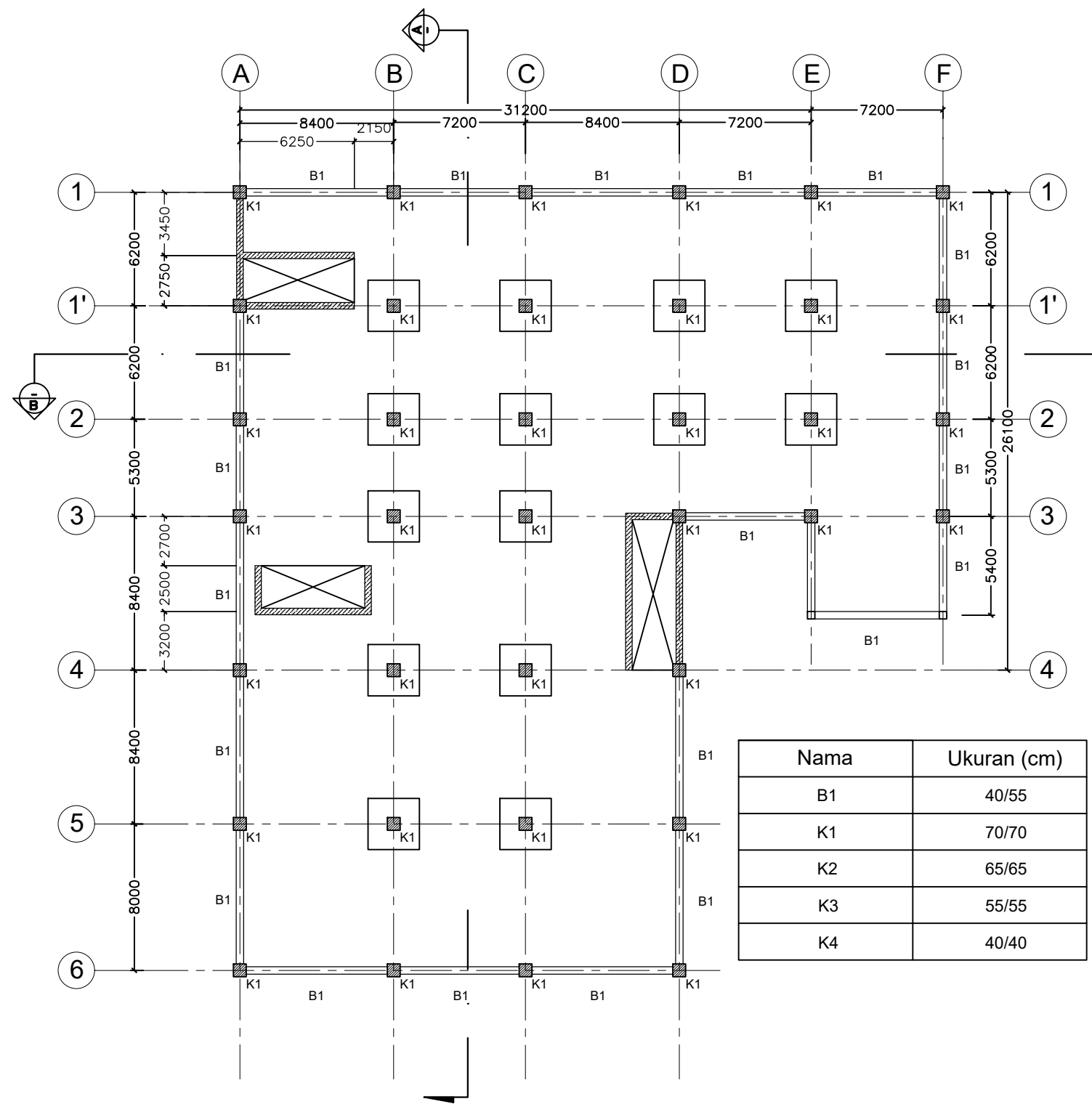
Dosen Pembimbing

Nama & NRP Mahasiswa

Tugas Akhir

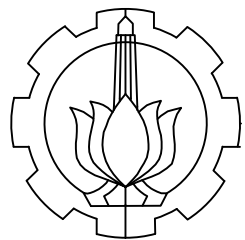
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.

M Dachreza Tri Kurnia Putra
0311154000097



DENAH BALOK - KOLOM LT 2
 SKALA 1:300

Semua Dimensi dalam mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas
 Tugas Akhir

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

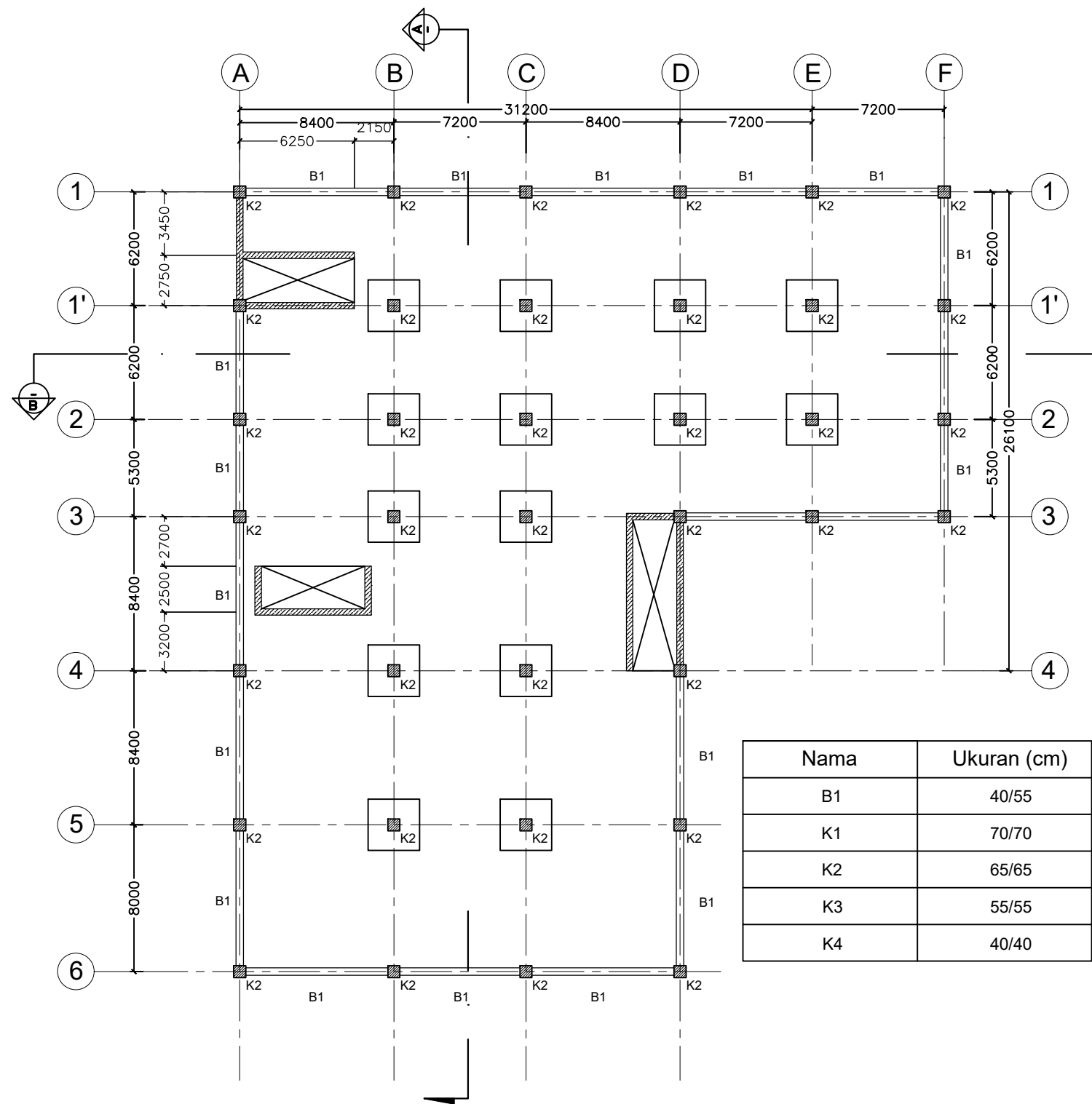
Jml. Lembar

Dosen Pembimbing

Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D
 Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.

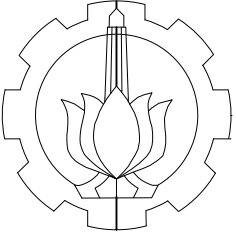
Nama & NRP Mahasiswa

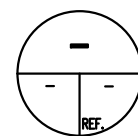
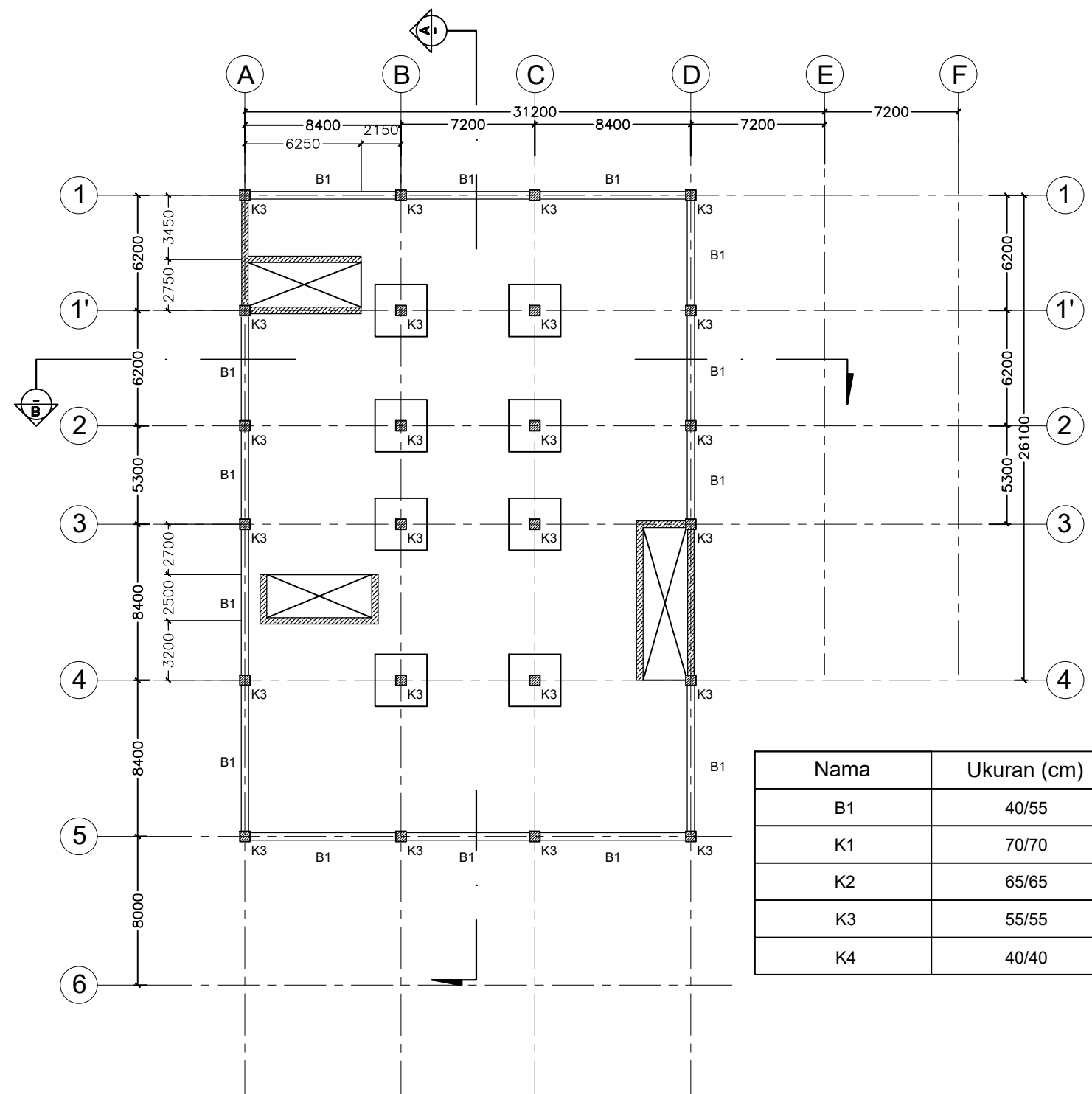
M Dachreza Tri Kurnia Putra
 0311154000097




DENAH BALOK - KOLOM LT 3-4
 SKALA 1:300

Semua Dimensi dalam mm

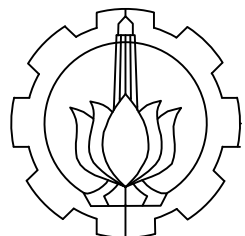
	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama & NRP Mahasiswa
		Tugas Akhir					Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	M Dachreza Tri Kurnia Putra 03111540000097



DENAH BALOK - KOLOM LT 5-7

SKALA 1:300

Semua Dimensi dalam mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml. Lembar

Dosen Pembimbing

Nama & NRP Mahasiswa

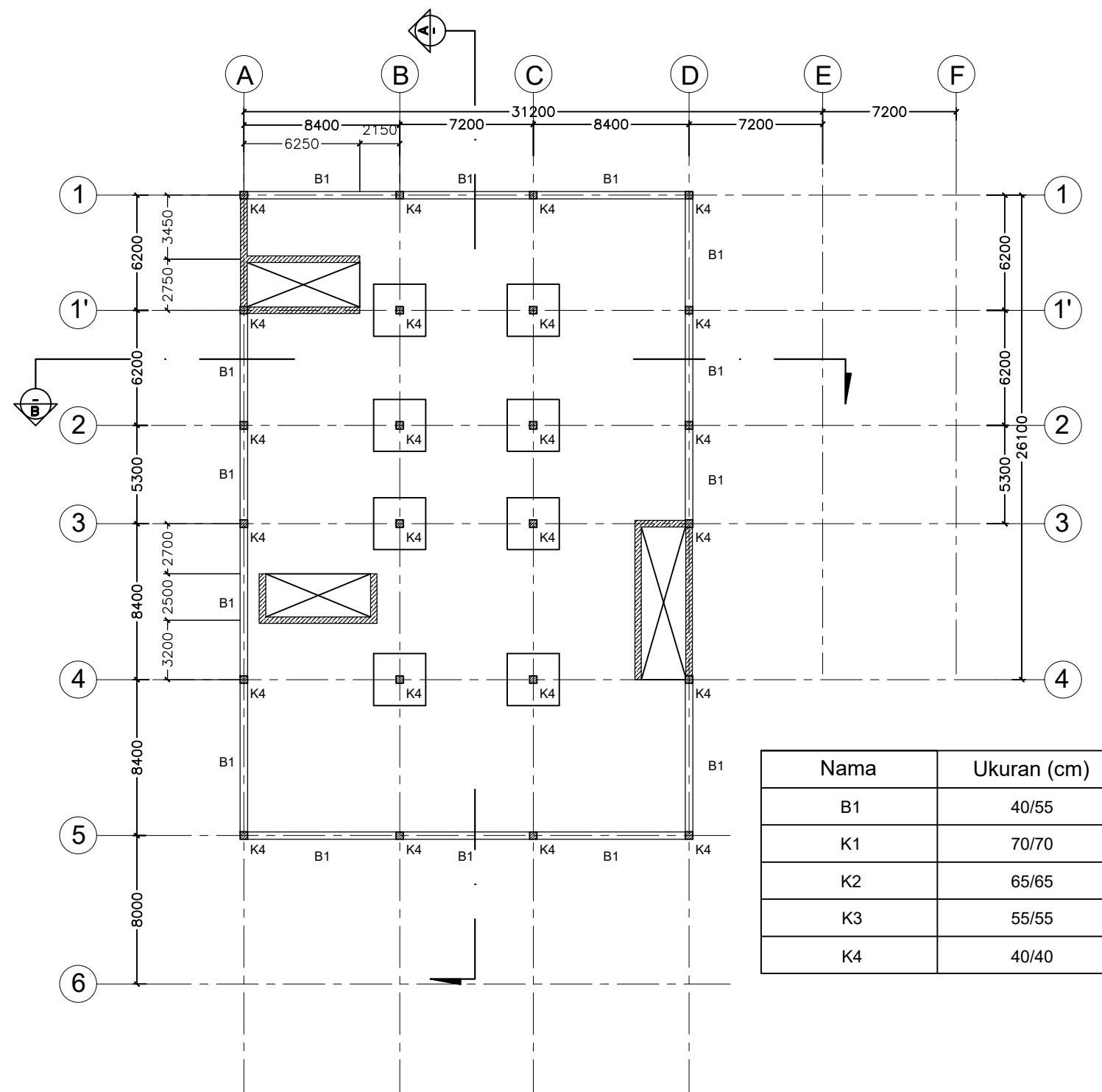
Tugas Akhir

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D

Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.

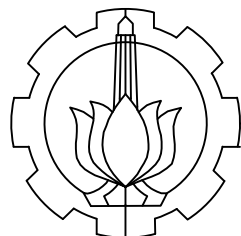
M Dachreza Tri Kurnia Putra

0311154000097




DENAH BALOK - KOLOM LT 8-10
 SKALA 1:300

Semua Dimensi dalam mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml. Lembar

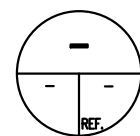
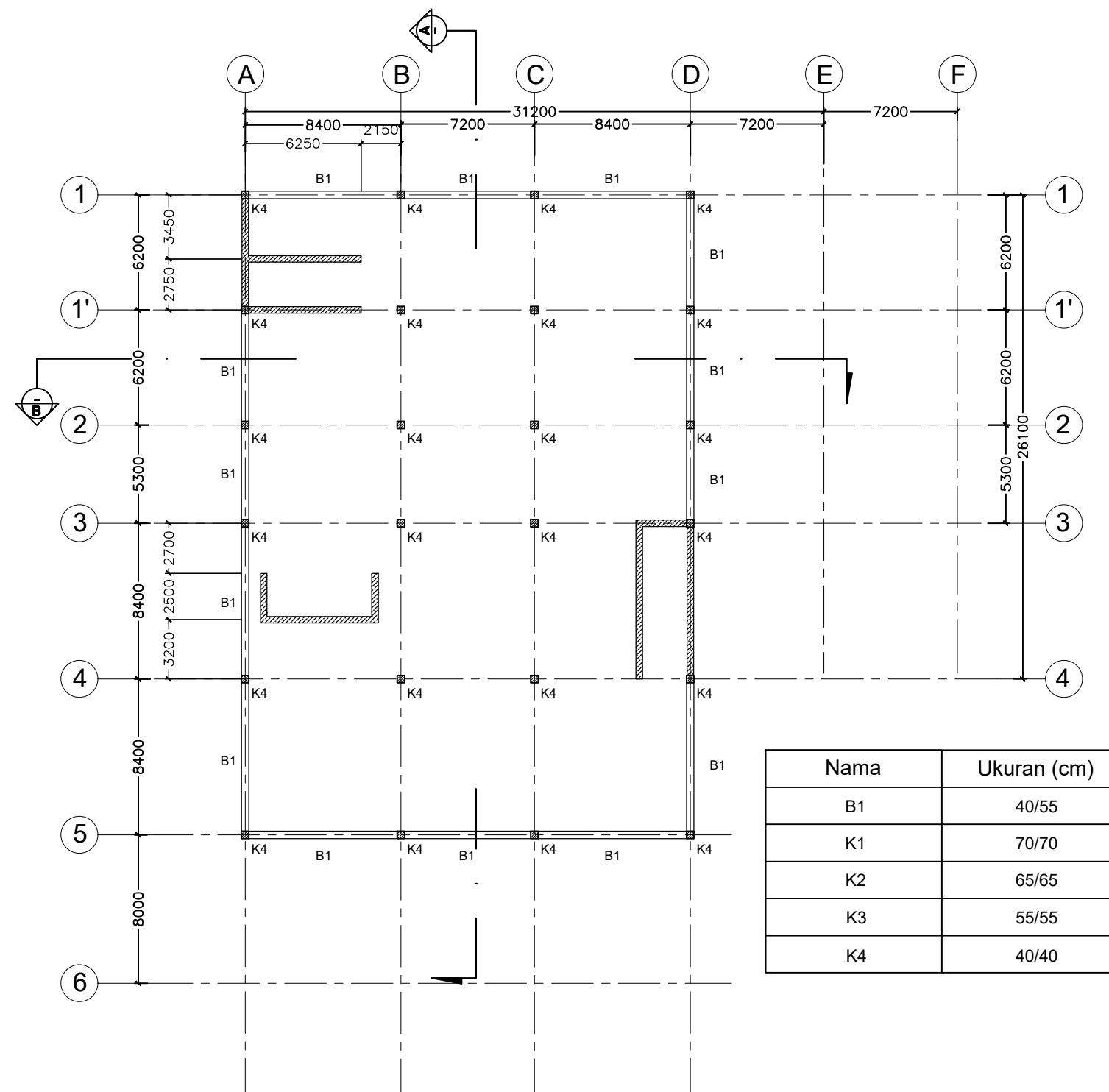
Dosen Pembimbing

Nama & NRP Mahasiswa

Tugas Akhir

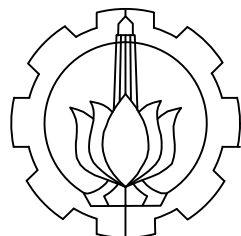
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
 Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.

M Dachreza Tri Kurnia Putra
 03111540000097



DENAH BALOK - KOLOM LT ATAP
SKALA 1:300

Semua Dimensi dalam mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml. Lembar

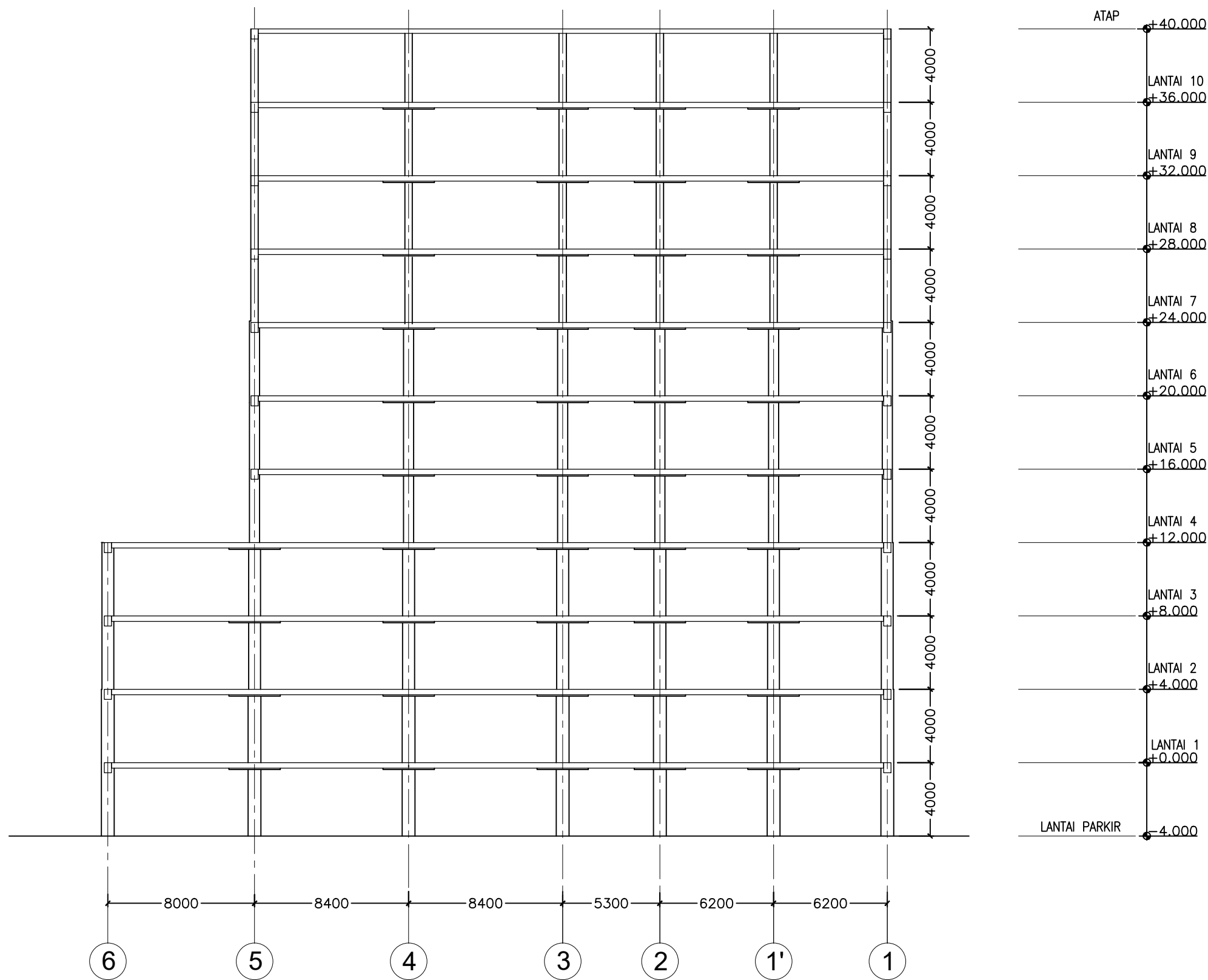
Dosen Pembimbing

Nama & NRP Mahasiswa

Tugas Akhir

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.

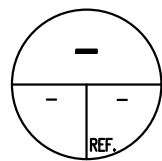
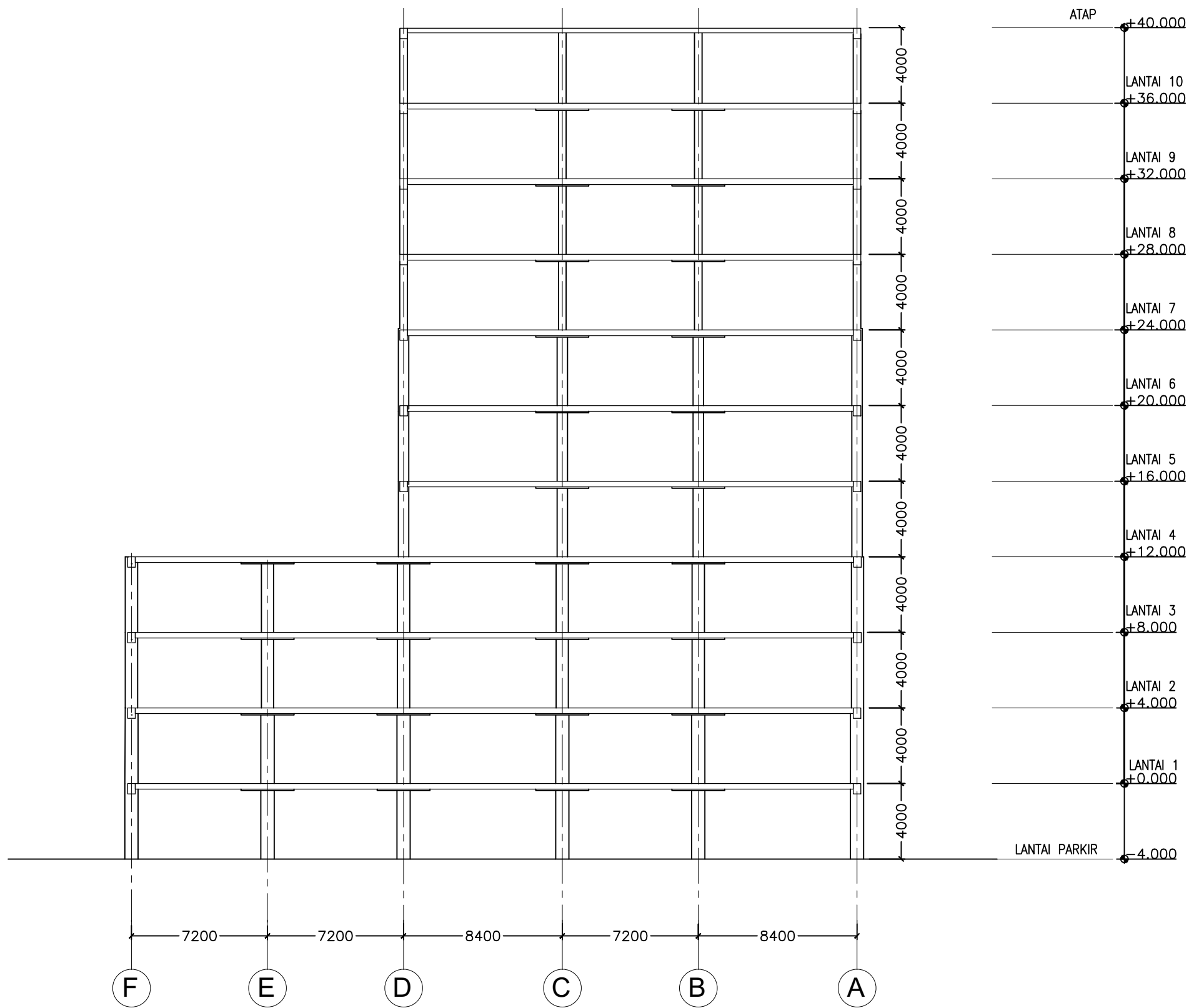
M Dachreza Tri Kurnia Putra
03111540000097




POTONGAN A-A
 SKALA 1:250

Semua Dimensi dalam mm

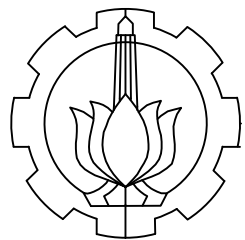
	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama & NRP Mahasiswa
		Tugas Akhir					Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	M Dachreza Tri Kurnia Putra 03111540000097



POTONGAN B-B

SKALA 1:250

Semua Dimensi dalam mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml. Lembar

Dosen Pembimbing

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D

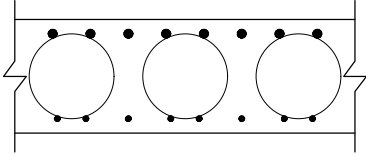
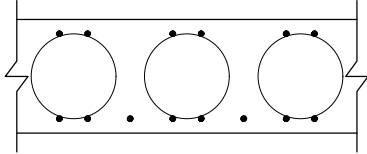
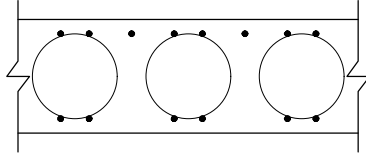
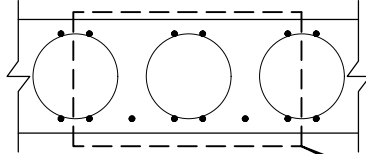
Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.

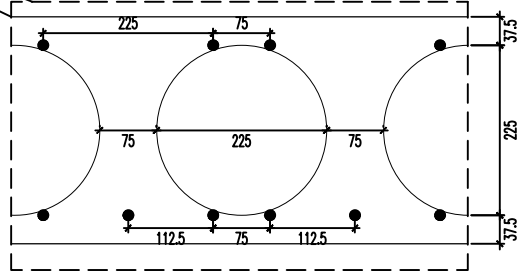
Nama & NRP Mahasiswa

M Dachreza Tri Kurnia Putra

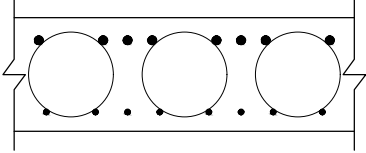
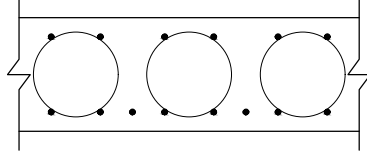
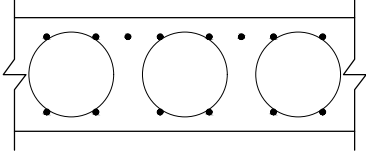
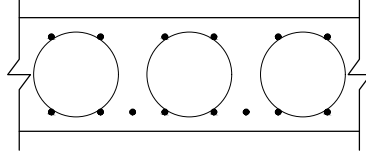
0311154000097

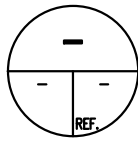
SUMBU X (M11)

TYPE	BD280 (Diameter Bola = 225 mm)			
LAJUR	KOLOM		TENGAH	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN				
TUL. ATAS	D22–100mm	D13–150mm	D13–100mm	D13–150mm
TUL. BAWAH	D13–100mm	D13–100mm	D13–150mm	D13–100mm



SUMBU Y (M22)

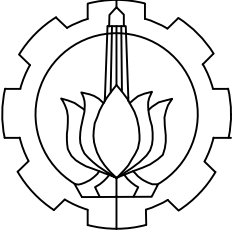
TYPE	BD280 (Diameter Bola = 225 mm)			
LAJUR	KOLOM		TENGAH	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN				
TUL. ATAS	D22–100mm	D13–150mm	D13–100mm	D13–150mm
TUL. BAWAH	D13–100mm	D13–100mm	D13–150mm	D13–100mm



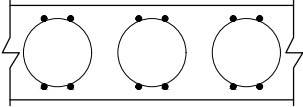
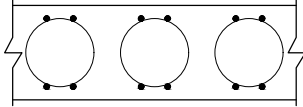
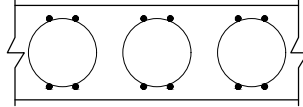
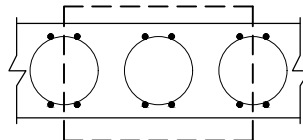
DETAIL BUBBLEDECK BD280

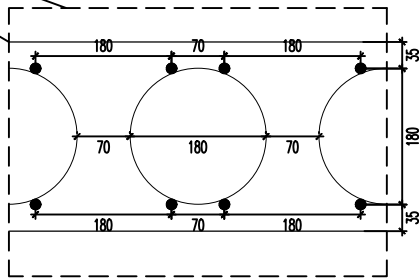
SKALA 1:20

Semua Dimensi dalam mm

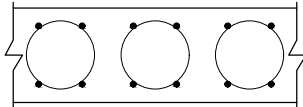
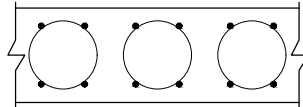
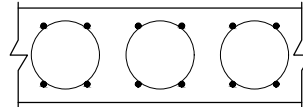
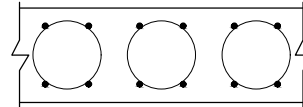
	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama & NRP Mahasiswa
		Tugas Akhir					Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	M Dachreza Tri Kurnia Putra 0311154000097

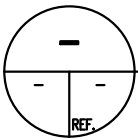
SUMBU X (M11)

TYPE	BD230 (Diameter Bola = 180mm)			
LAJUR	KOLOM		TENGAH	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN				
TUL. ATAS	D13–125mm	D13–125mm	D13–125mm	D13–125mm
TUL. BAWAH	D13–125mm	D13–125mm	D13–125mm	D13–125mm



SUMBU Y (M22)

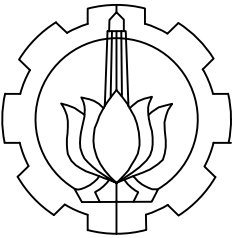
TYPE	BD230 (Diameter Bola = 180mm)			
LAJUR	KOLOM		TENGAH	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN				
TUL. ATAS	D13–125mm	D13–125mm	D13–125mm	D13–125mm
TUL. BAWAH	D13–125mm	D13–125mm	D13–125mm	D13–125mm

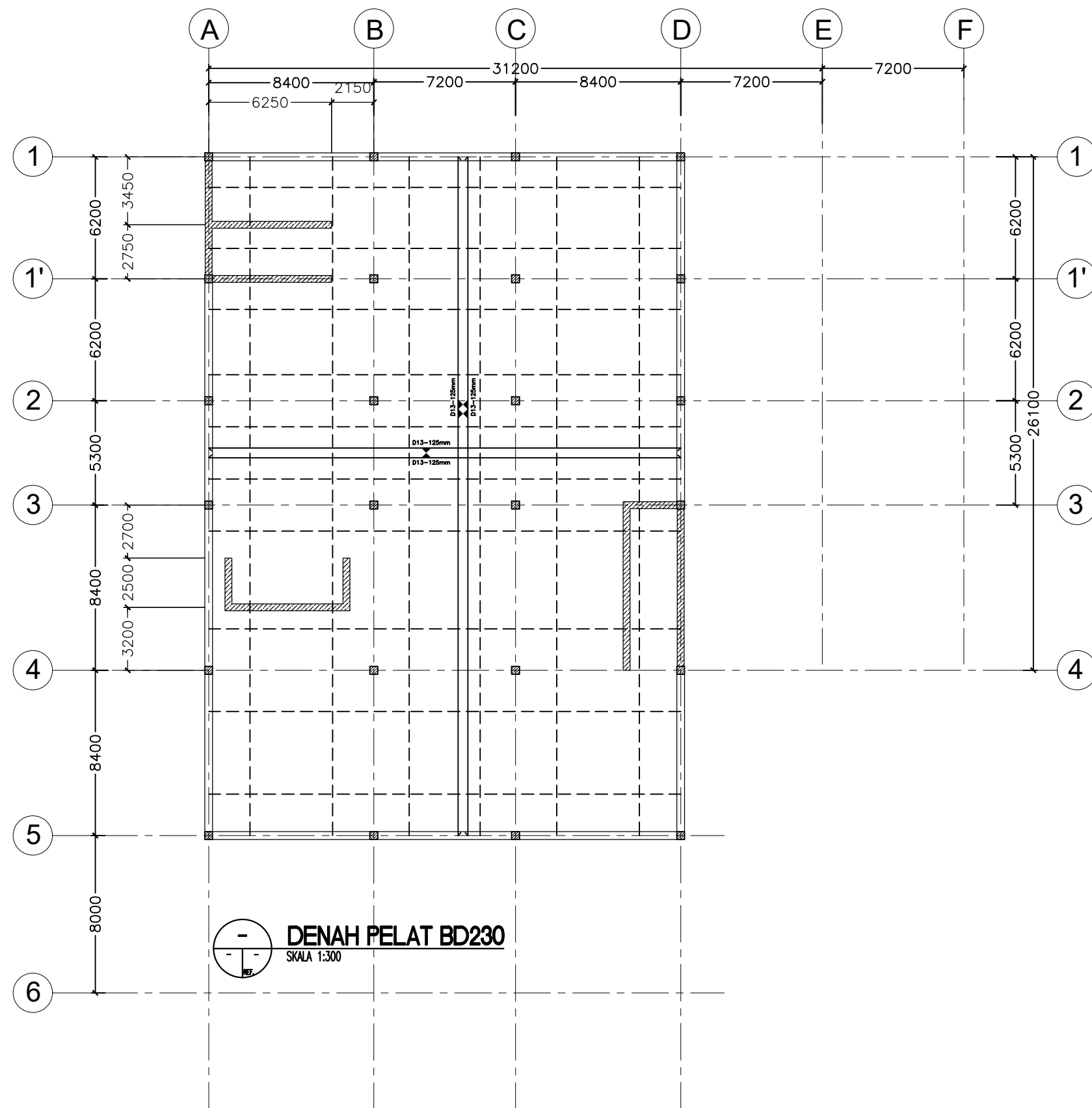


DETAIL BUBBLEDECK BD230

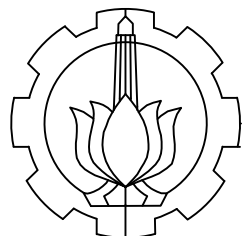
SKALA 1:20

Semua Dimensi dalam mm

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama & NRP Mahasiswa
		Tugas Akhir					Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	M Dachreza Tri Kurnia Putra 03111540000097



Semua Dimensi dalam mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml. Lembar

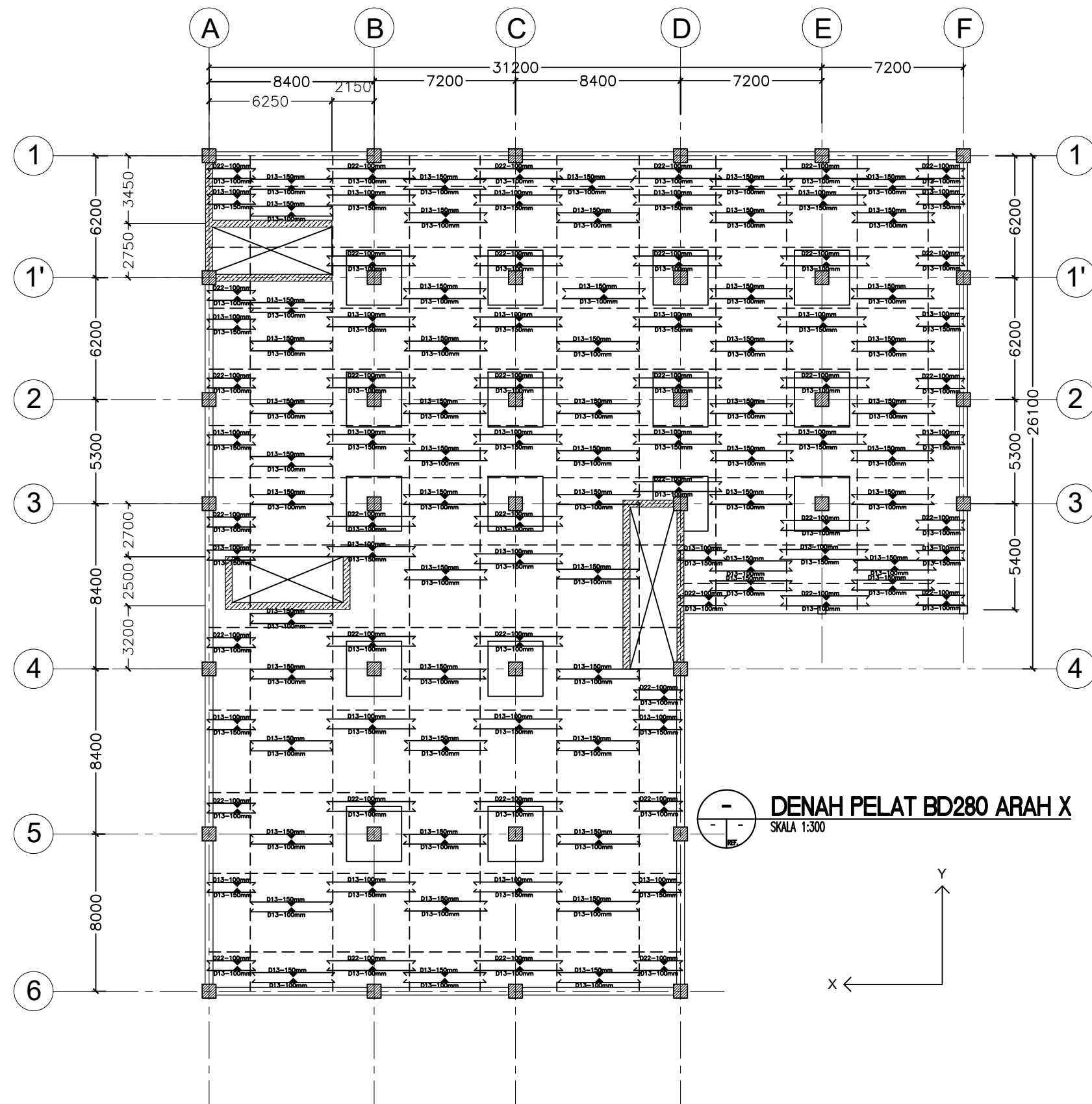
Dosen Pembimbing

Nama & NRP Mahasiswa

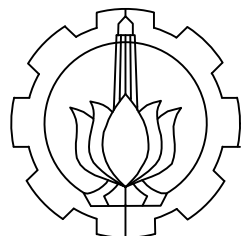
Tugas Akhir

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.

M Dachreza Tri Kurnia Putra
0311154000097



Semua Dimensi dalam mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml. Lembar

Dosen Pembimbing

Nama & NRP Mahasiswa

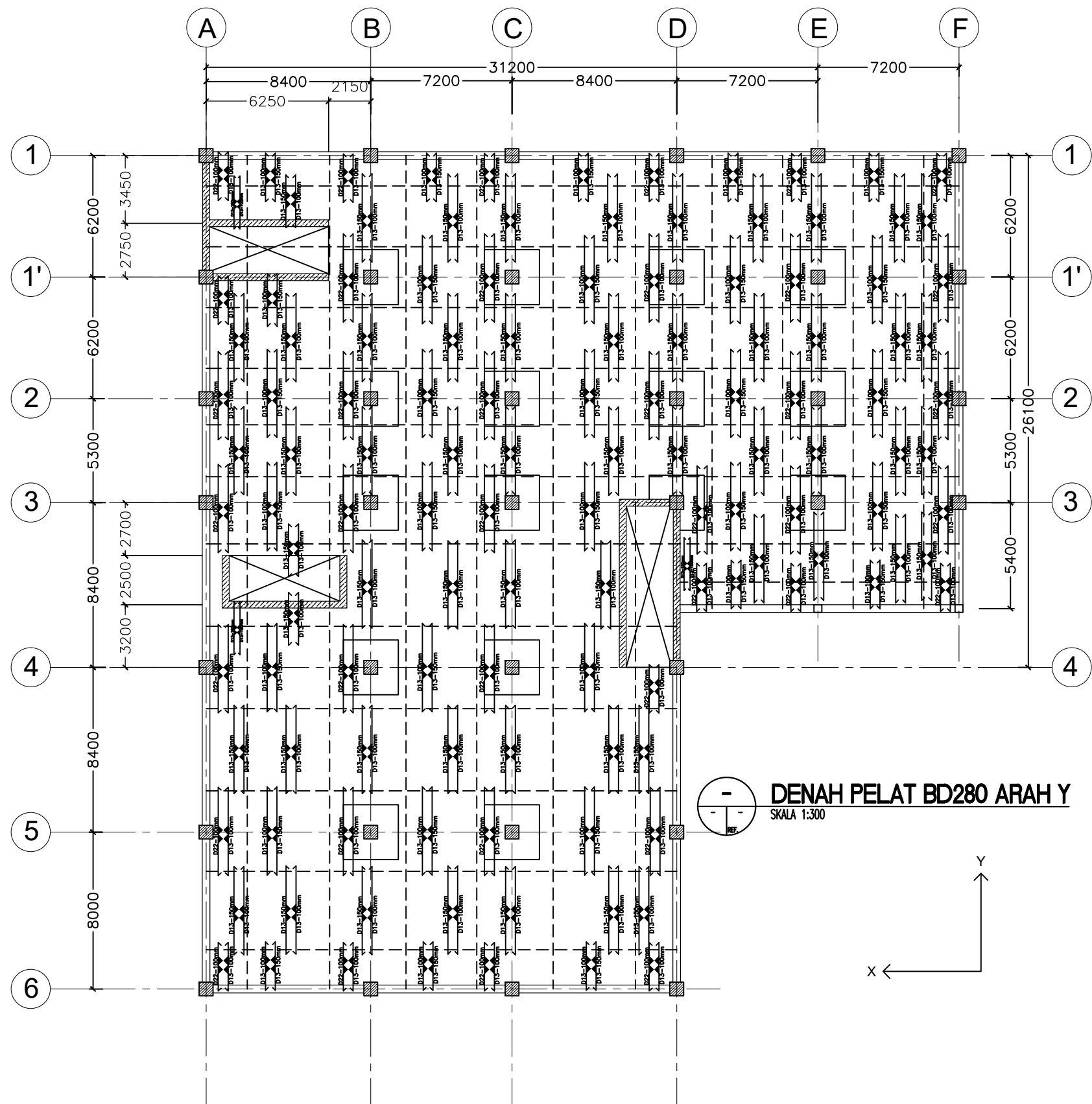
Tugas Akhir

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D

Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.

M Dachreza Tri Kurnia Putra

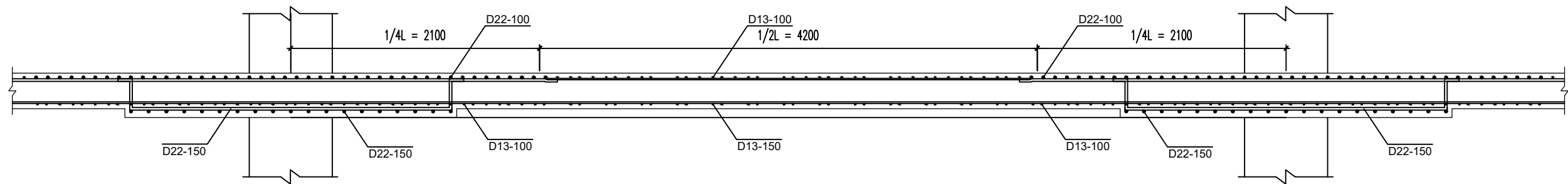
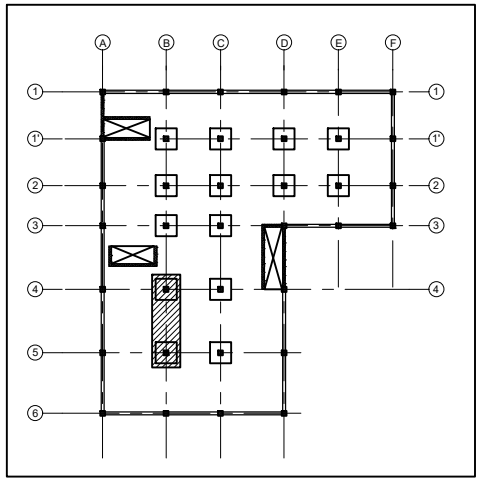
03111540000097



Semua Dimensi dalam mm

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama & NRP Mahasiswa
		Tugas Akhir					Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	M Dachreza Tri Kurnia Putra 03111540000097

KEYPLAN



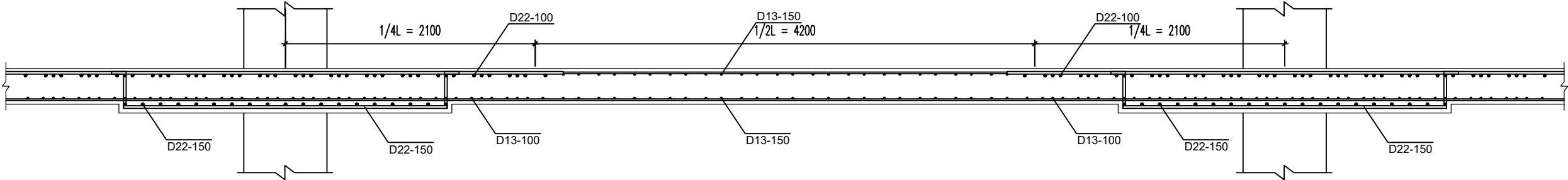
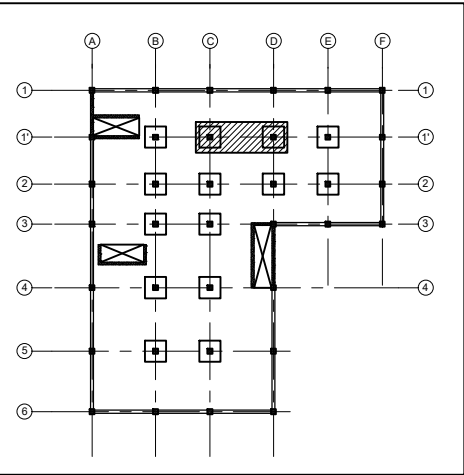
DETAIL PELAT-DROP PANEL ARAH X

SKALA 1:40

Semua Dimensi dalam mm

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama & NRP Mahasiswa
		Tugas Akhir					Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	M Dachreza Tri Kurnia Putra 03111540000097

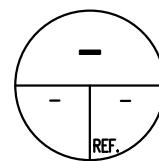
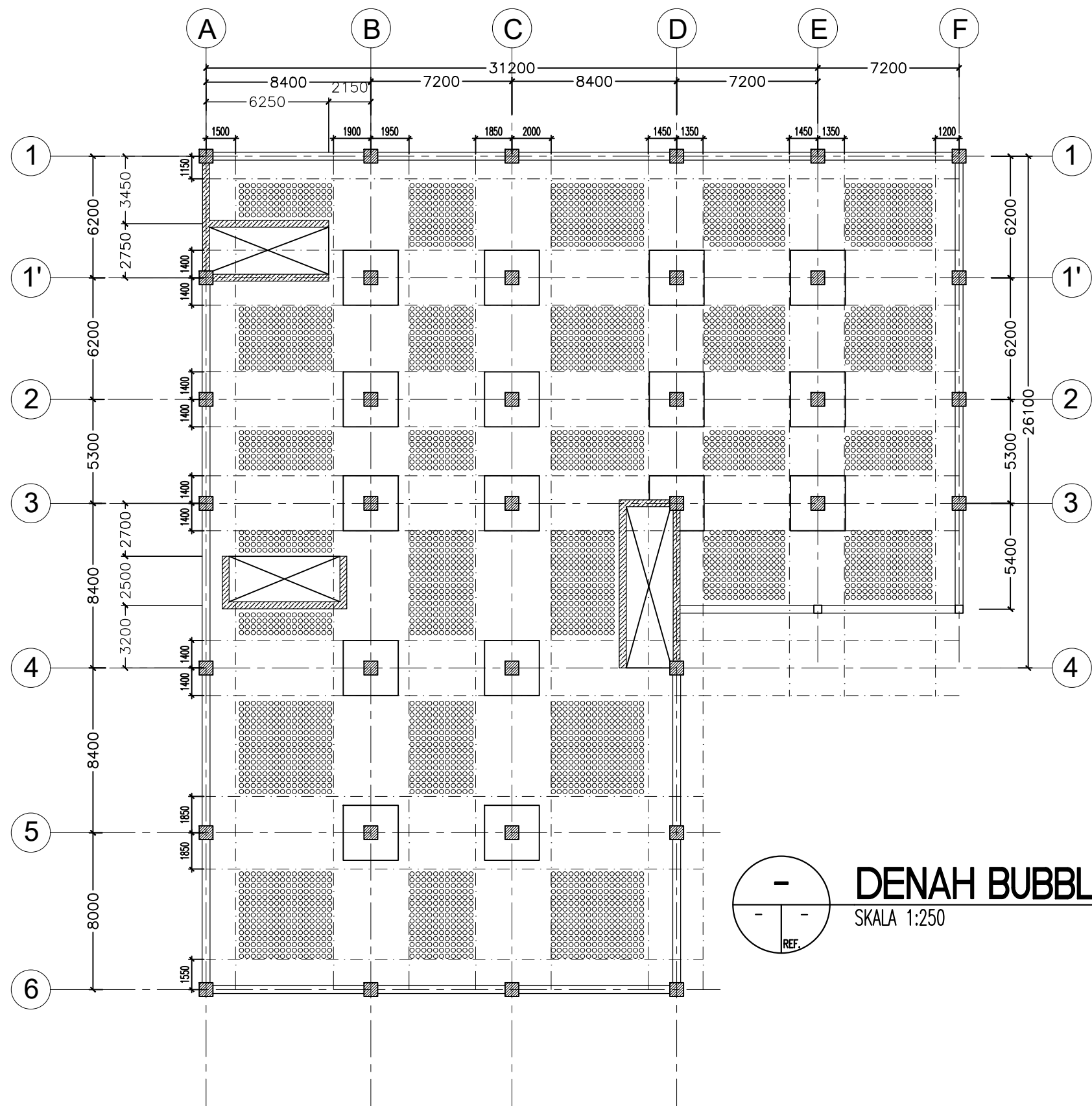
KEYPLAN



 **DETAIL PELAT-DROP PANEL ARAH Y**
SKALA 1:40

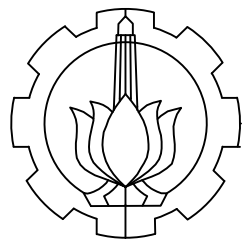
Semua Dimensi dalam mm

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama & NRP Mahasiswa
		Tugas Akhir					Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	M Dachreza Tri Kurnia Putra 03111540000097



DENAH BUBBLEDECK LT 1
SKALA 1:250

Semua Dimensi dalam mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml. Lembar

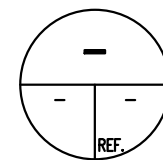
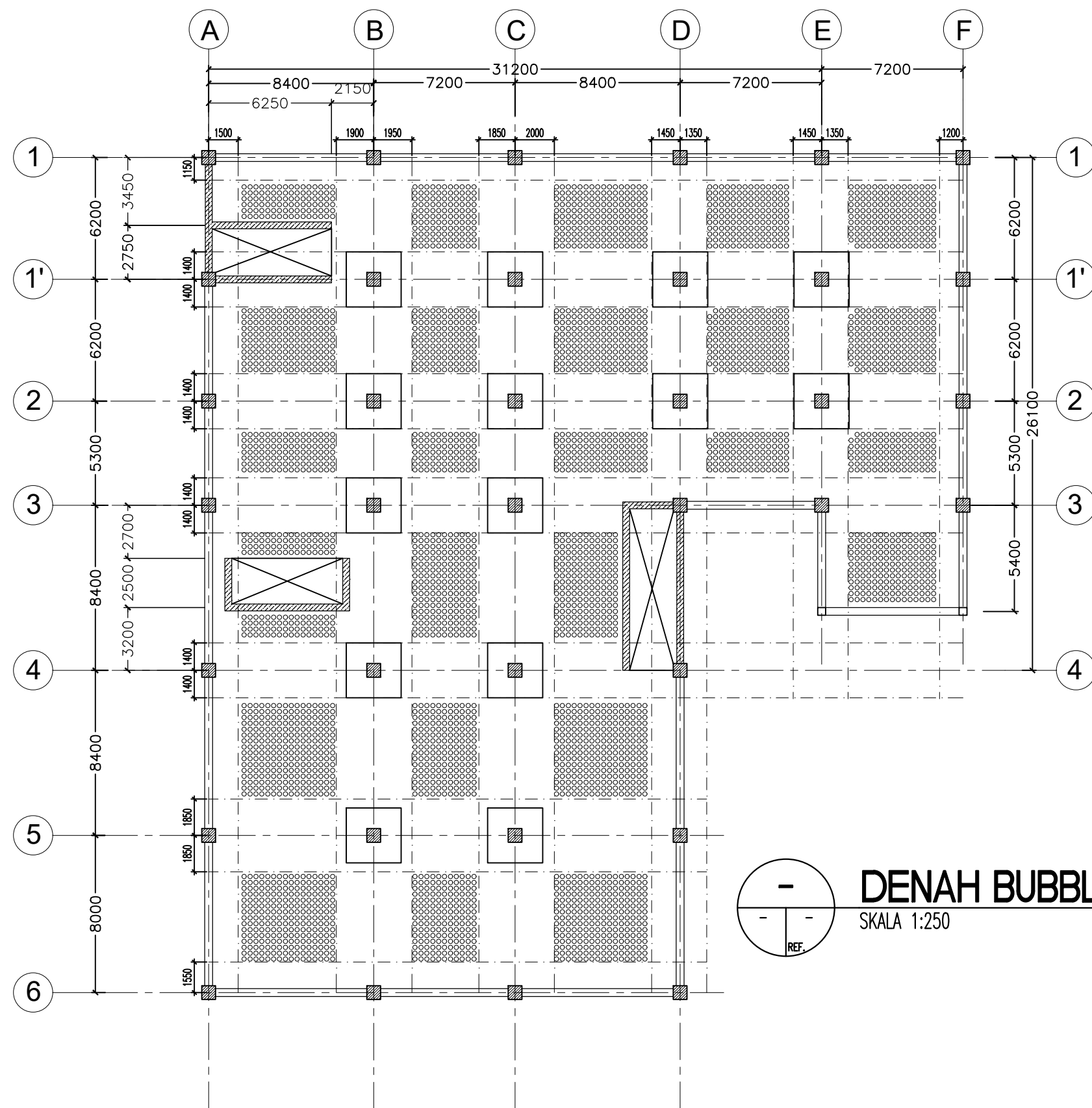
Dosen Pembimbing

Nama & NRP Mahasiswa

Tugas Akhir

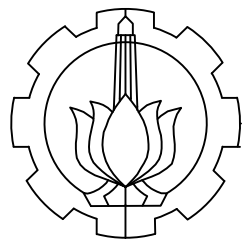
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.

M Dachreza Tri Kurnia Putra
0311154000097



DENAH BUBBLEDECK LT 2
SKALA 1:250

Semua Dimensi dalam mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml. Lembar

Dosen Pembimbing

Nama & NRP Mahasiswa

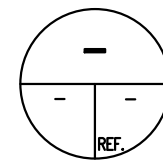
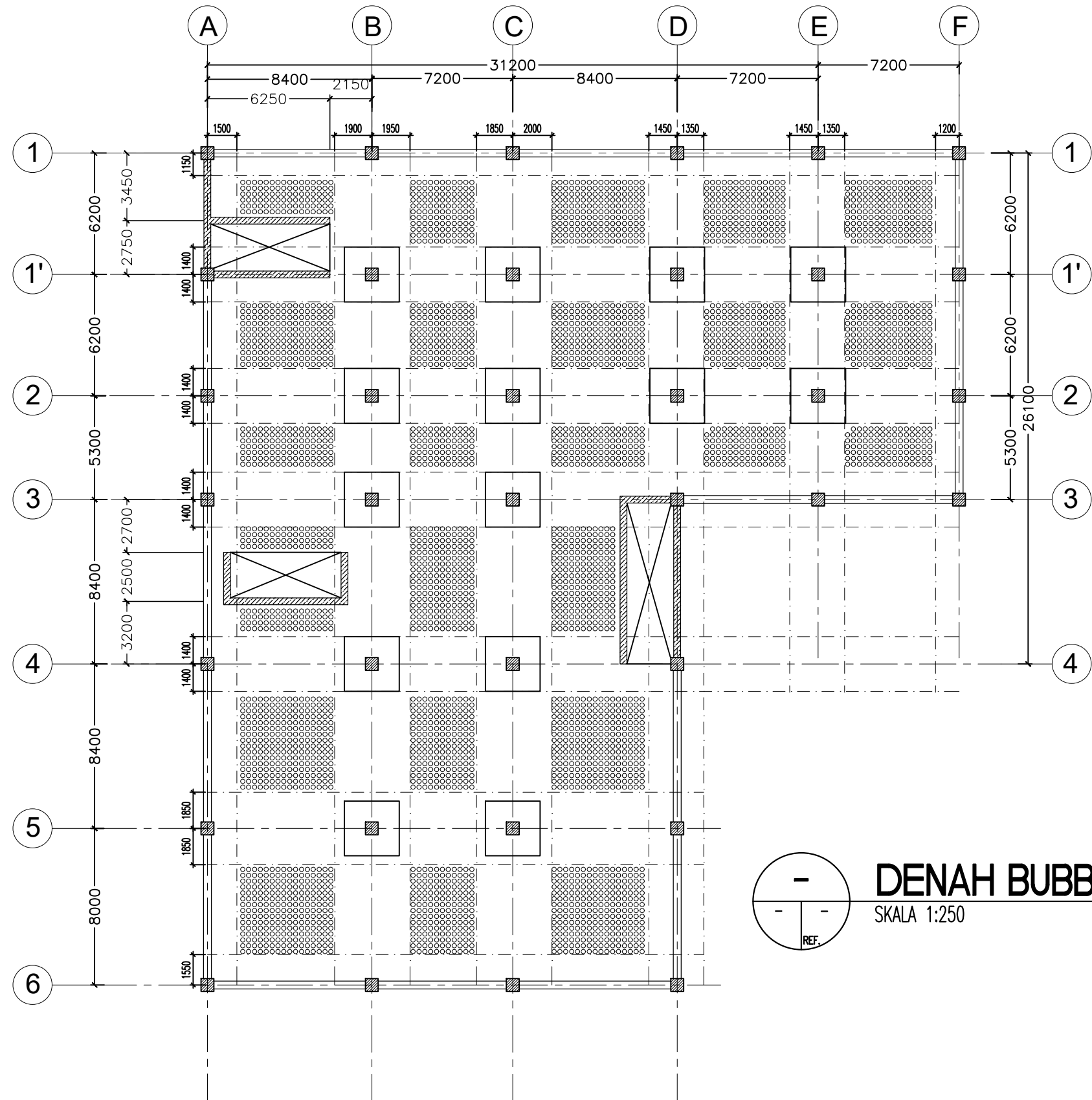
Tugas Akhir

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D

Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.

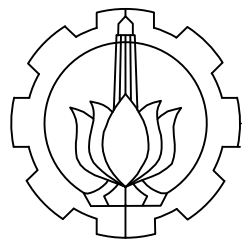
M Dachreza Tri Kurnia Putra

0311154000097



DENAH BUBBLEDECK LT 3-4
SKALA 1:250

Semua Dimensi dalam mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml. Lembar

Dosen Pembimbing

Nama & NRP Mahasiswa

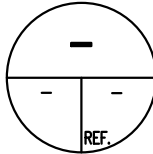
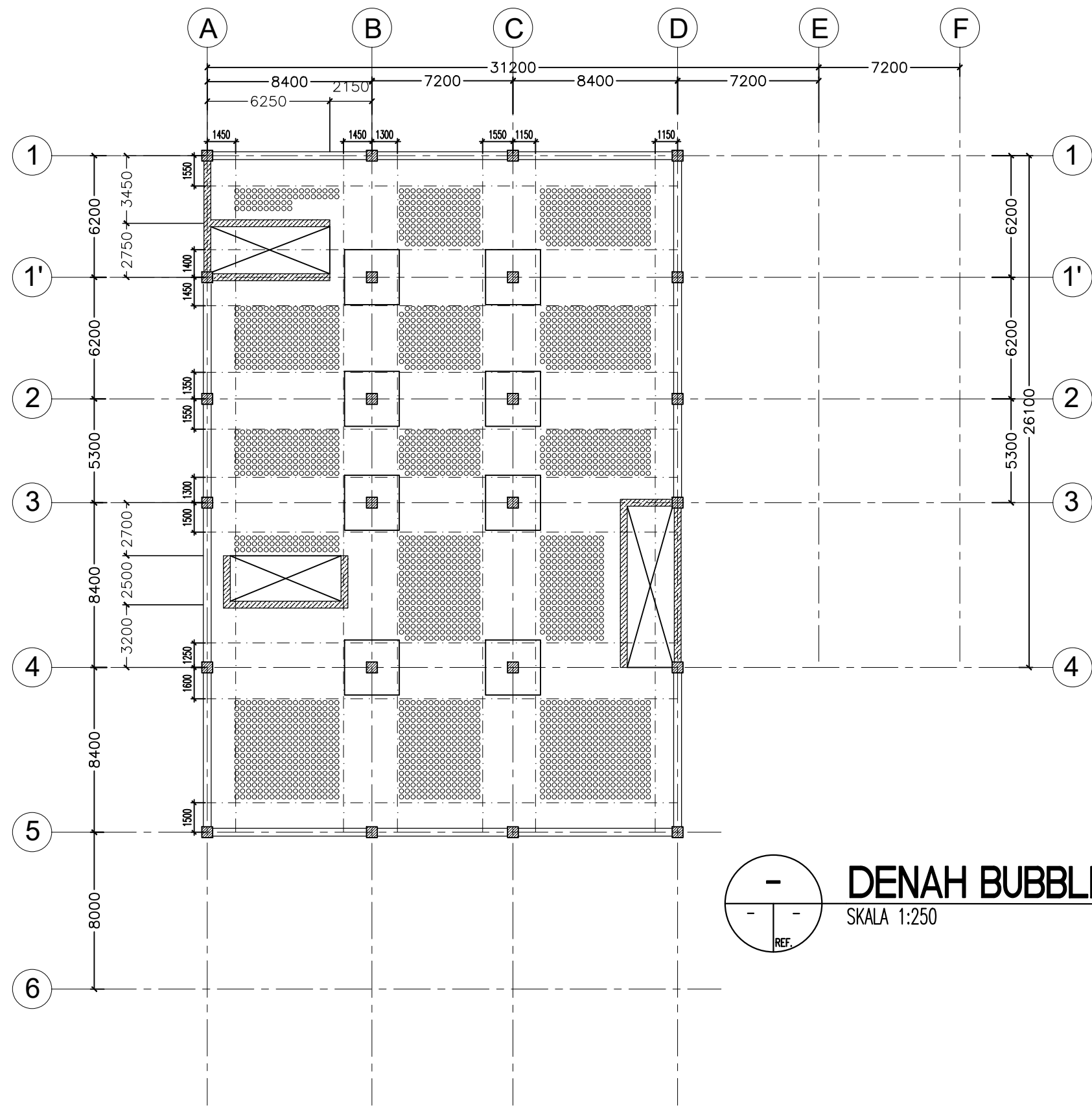
Tugas Akhir

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D

Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.

M Dachreza Tri Kurnia Putra

0311154000097

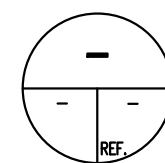
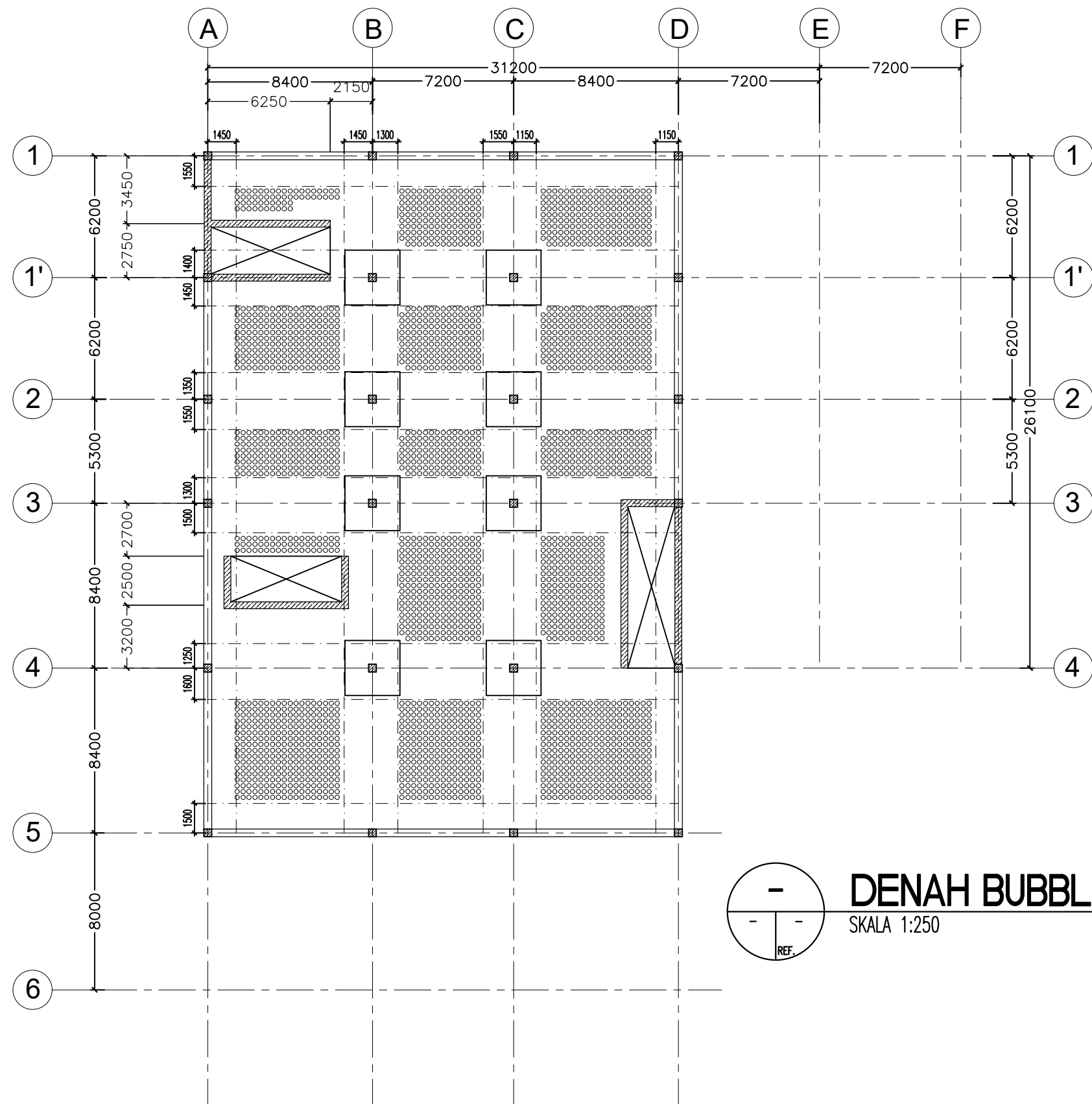


DENAH BUBBLEDECK LT 5-7

SKALA 1:250

Semua Dimensi dalam mm

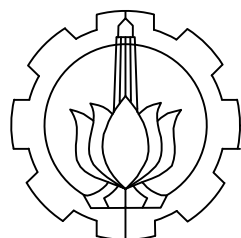
	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama & NRP Mahasiswa
		Tugas Akhir					Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	M Dachreza Tri Kurnia Putra 03111540000097



DENAH BUBBLEDECK LT 8-10

SKALA 1:250

Semua Dimensi dalam mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml. Lembar

Dosen Pembimbing

Nama & NRP Mahasiswa

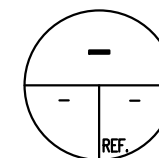
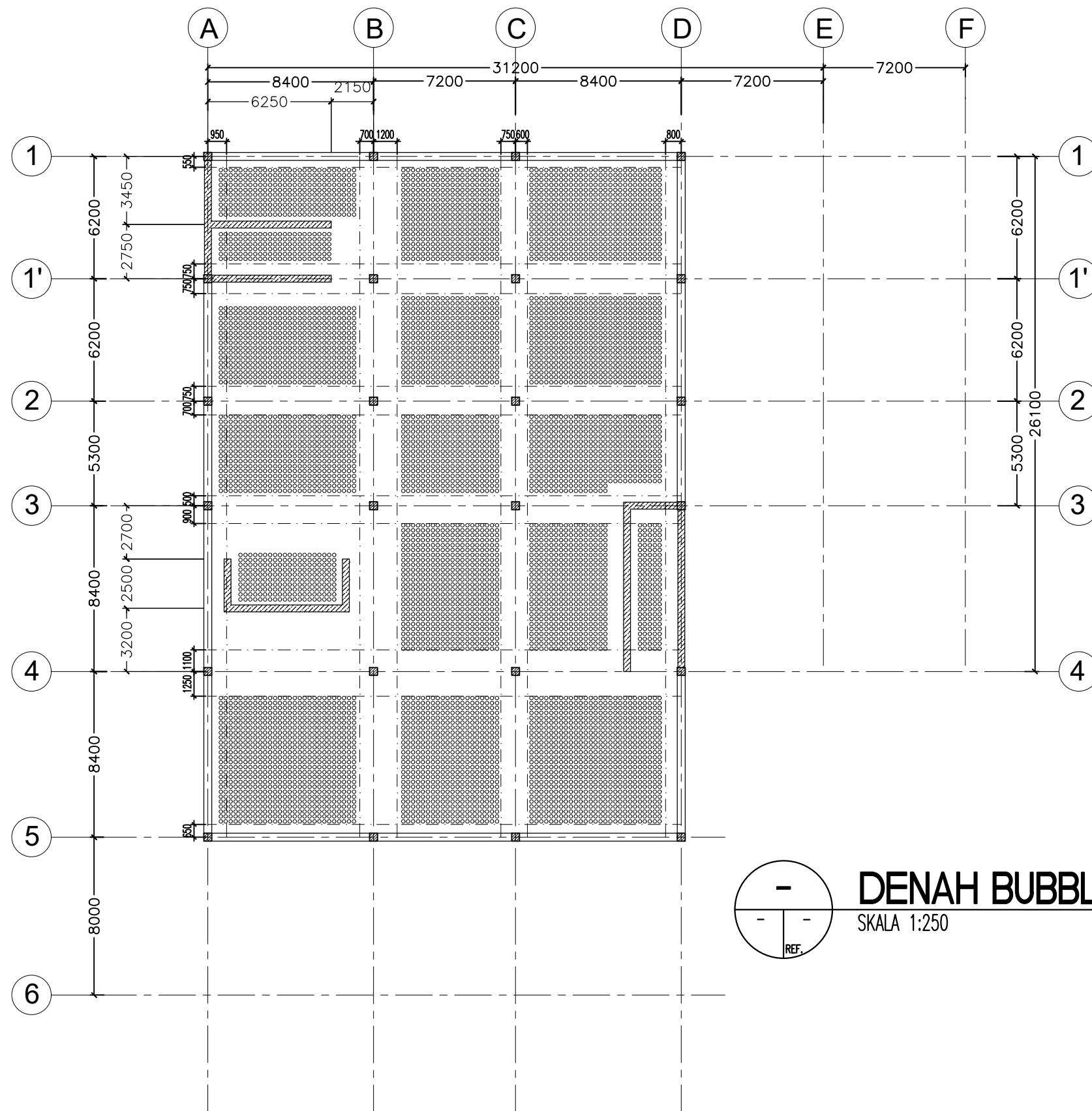
Tugas Akhir

Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D

Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.

M Dachreza Tri Kurnia Putra

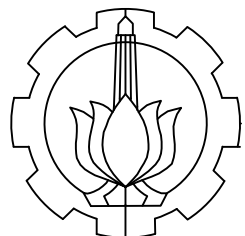
03111540000097



DENAH BUBBLEDECK LT ATAP

SKALA 1:250

Semua Dimensi dalam mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml. Lembar

Dosen Pembimbing

Nama & NRP Mahasiswa

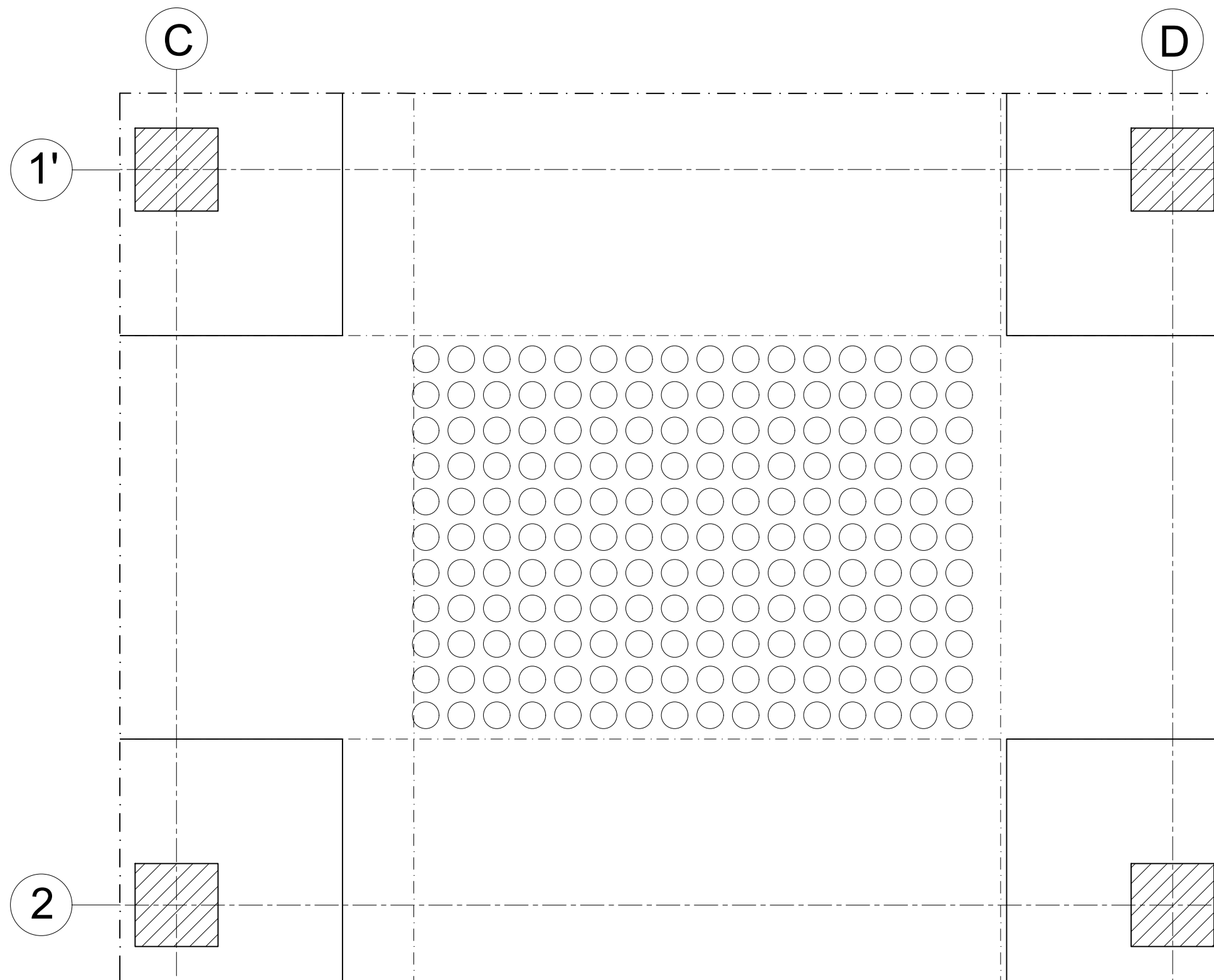
Tugas Akhir

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D

Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.

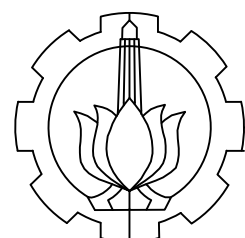
M Dachreza Tri Kurnia Putra

03111540000097



DETAIL AS CD-1'2
SKALA 1:40

Semua Dimensi dalam mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml. Lembar

Dosen Pembimbing

Nama & NRP Mahasiswa

Tugas Akhir

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D

Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.

M Dachreza Tri Kurnia Putra

03111540000097

Penentuan Lebar Lajur Kolom dan Lajur Tengah

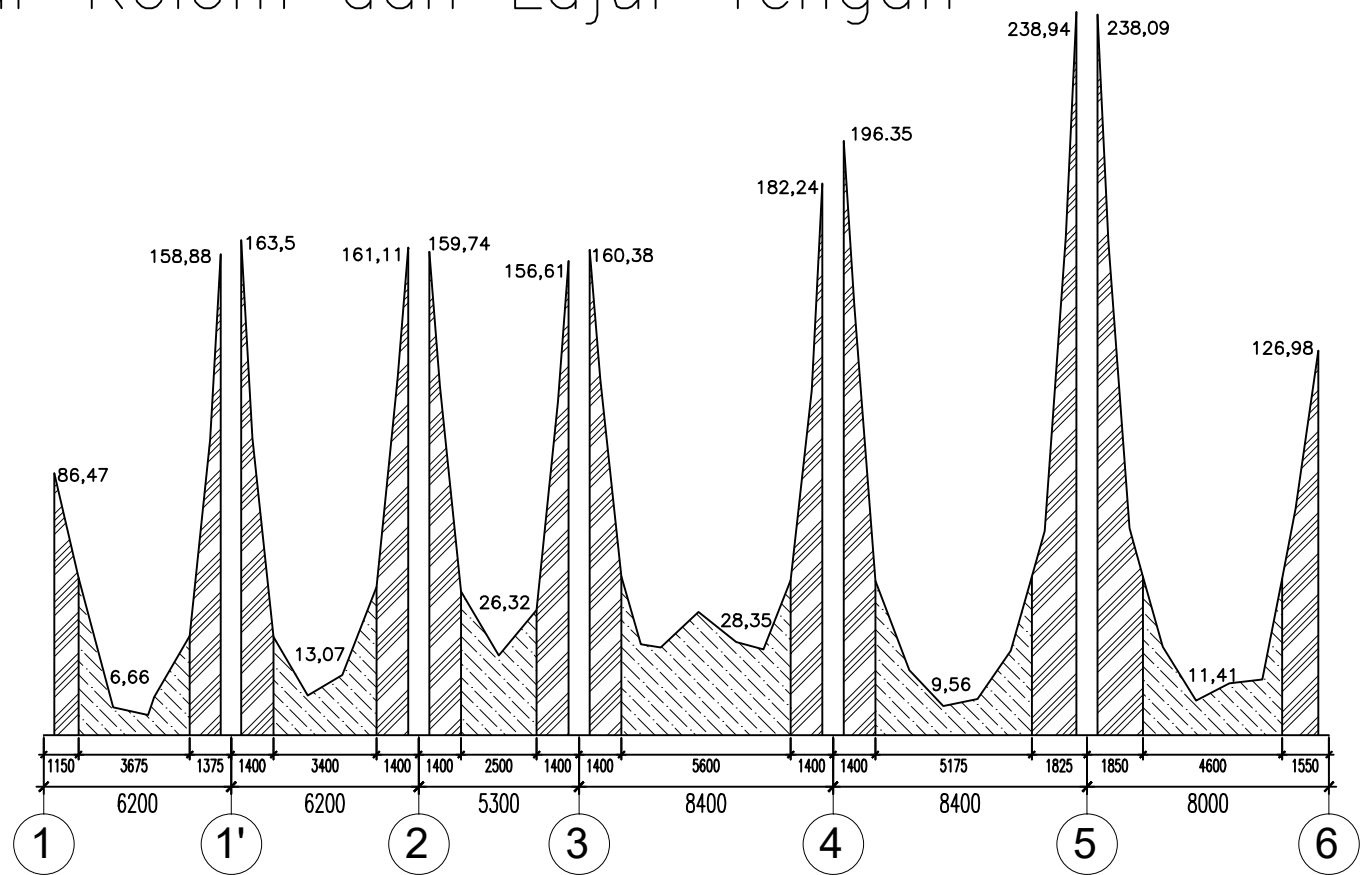
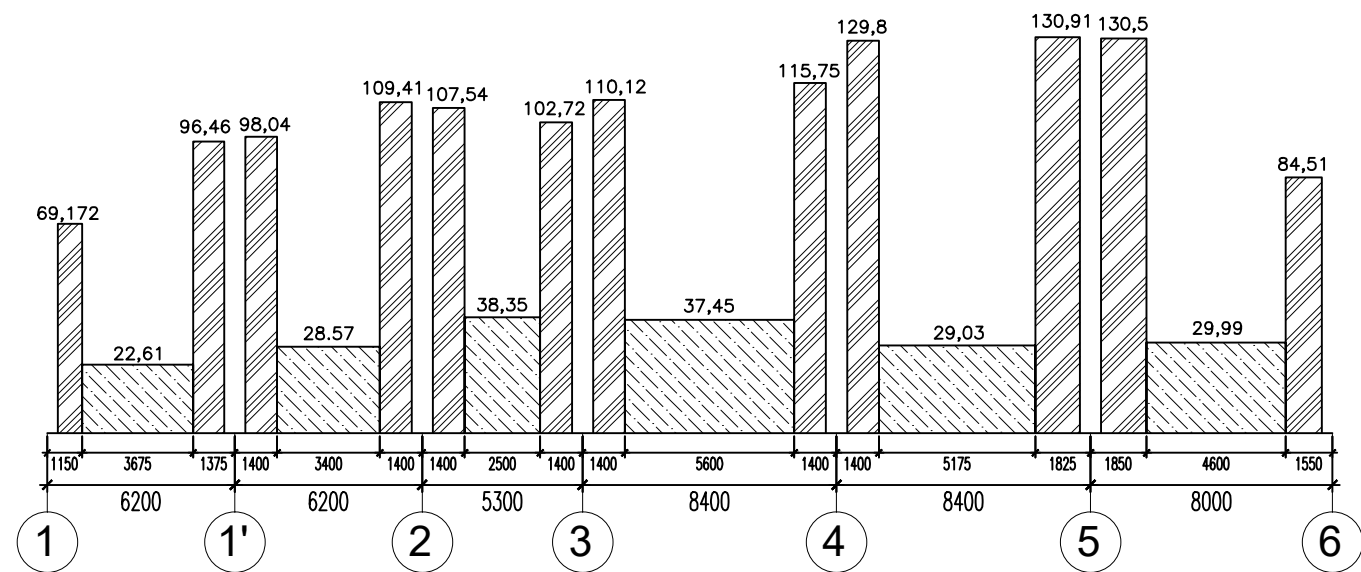


Diagram Momen

Semua Nilai Momen dalam kN

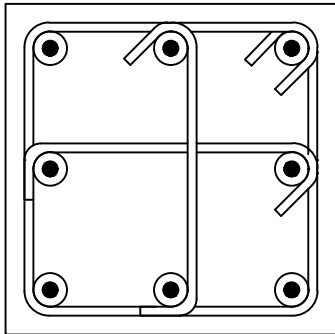
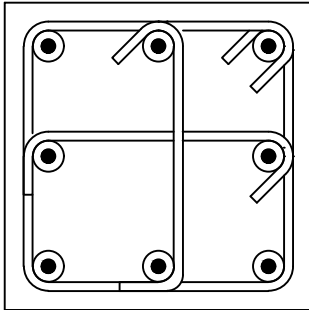
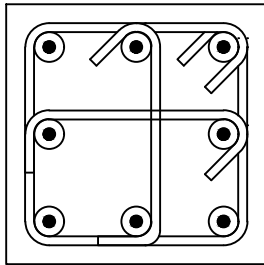
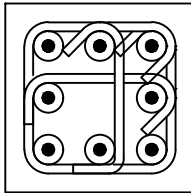


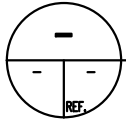
Setelah dirata-rata

DIAGRAM M_{II} AS B-B LT. 1
SKALA NTS

Semua Dimensi dalam mm

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama & NRP Mahasiswa
		Tugas Akhir					Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	M Dachreza Tri Kurnia Putra 03111540000097

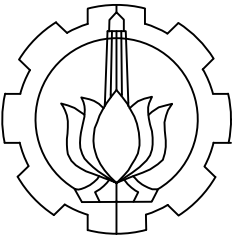
TYPE	K1 (700 x 700)		K2 (650 x 650)
LT. Basement – 1		LT. 2 – 3	
TULANGAN	8D32	TULANGAN	8D29
SENGKANG	3D19-100/150	SENGKANG	3D19-100/150
TYPE	K3 (550 x 550)		K4 (400 x 400)
LT. 4 – 6		LT. 7 – 10	
TULANGAN	8D25	TULANGAN	8D25
SENGKANG	3D19-100/150	SENGKANG	3D19-100/150



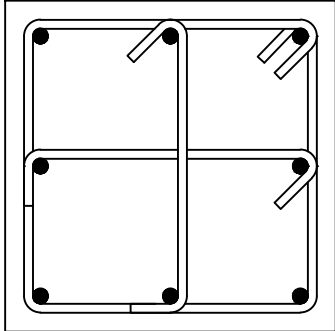
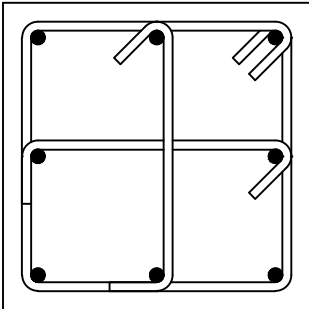
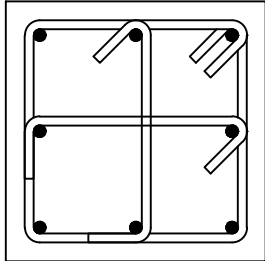
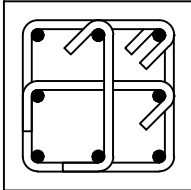
DETAIL KOLOM BAGIAN SAMBUNGAN

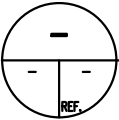
SKALA 1:16

Semua Dimensi dalam mm

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama & NRP Mahasiswa
		Tugas Akhir		1 : 200			Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	M Dachreza Tri Kurnia Putra 03111540000097

DETAIL PENULANGAN KOLOM

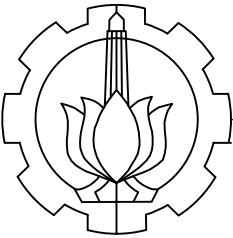
TYPE	K1 (700 x 700)		K2 (650 x 650)
LT. Basement – 1		LT. 2 – 3	
TULANGAN	8D32	TULANGAN	8D29
SENGKANG	3D19-100/150	SENGKANG	3D19-100/150
TYPE	K3 (550 x 550)		K4 (400 x 400)
LT. 4 – 6		LT. 7 – 10	
TULANGAN	8D25	TULANGAN	8D25
SENGKANG	3D19-100/150	SENGKANG	3D19-100/150

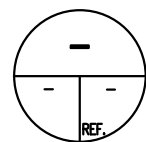


DETAIL KOLOM

SKALA 1:16

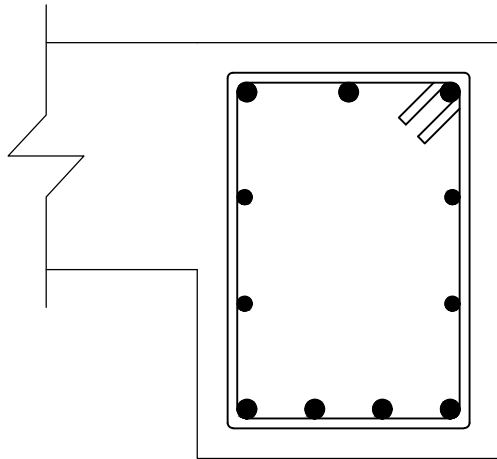
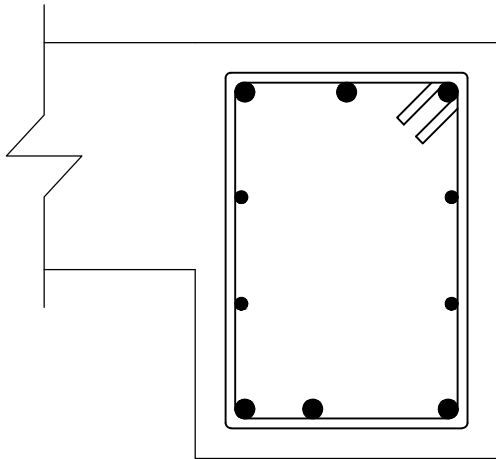
Semua Dimensi dalam mm

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama & NRP Mahasiswa
		Tugas Akhir		1 : 200			Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	M Dachreza Tri Kurnia Putra 03111540000097

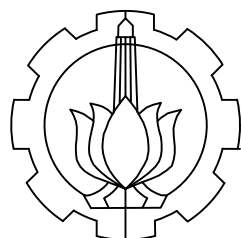


DETAIL BALOK TEPI

SKALA 1:10

TYPE	B1	
DIMENSI BXH(mm)	400 x 550	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
TUL. ATAS	3D25	3D25
TUL. BAWAH	4D25	3D25
TUL. PINGGANG	4D19	4D16
SENGKANG	2D13–100	2D13–200

Semua Dimensi dalam mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml. Lembar

Dosen Pembimbing

Nama & NRP Mahasiswa

Tugas Akhir

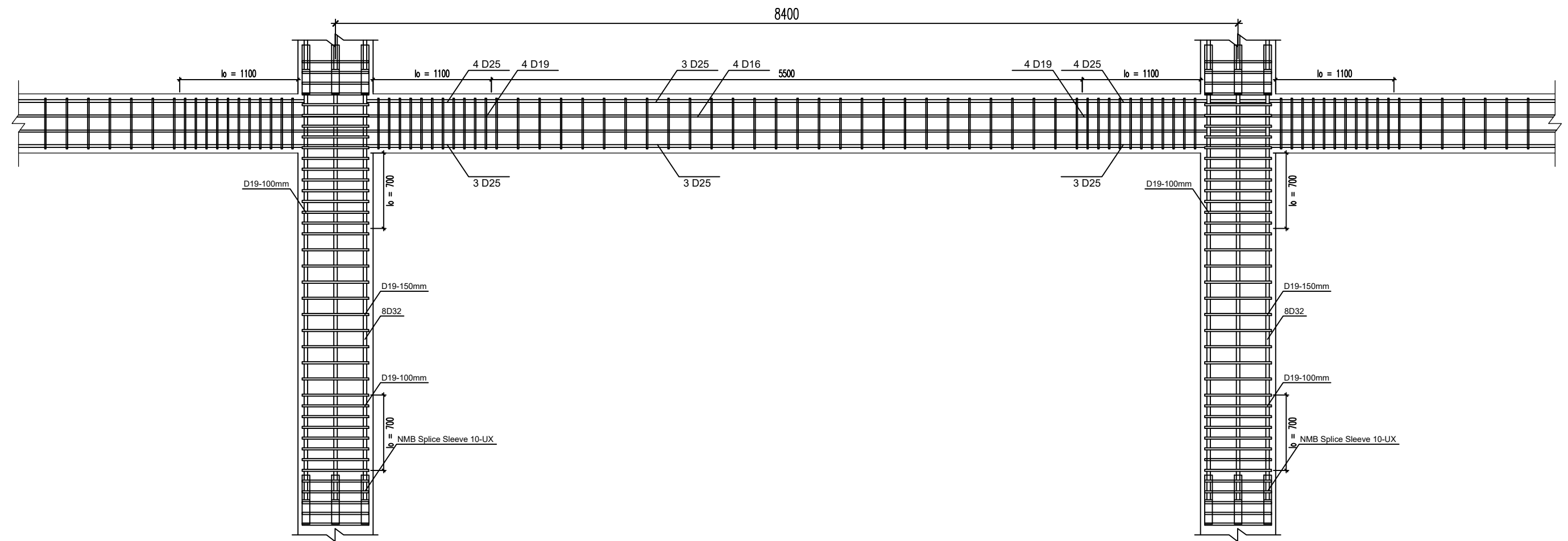
1 : 200

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D

Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.

M Dachreza Tri Kurnia Putra

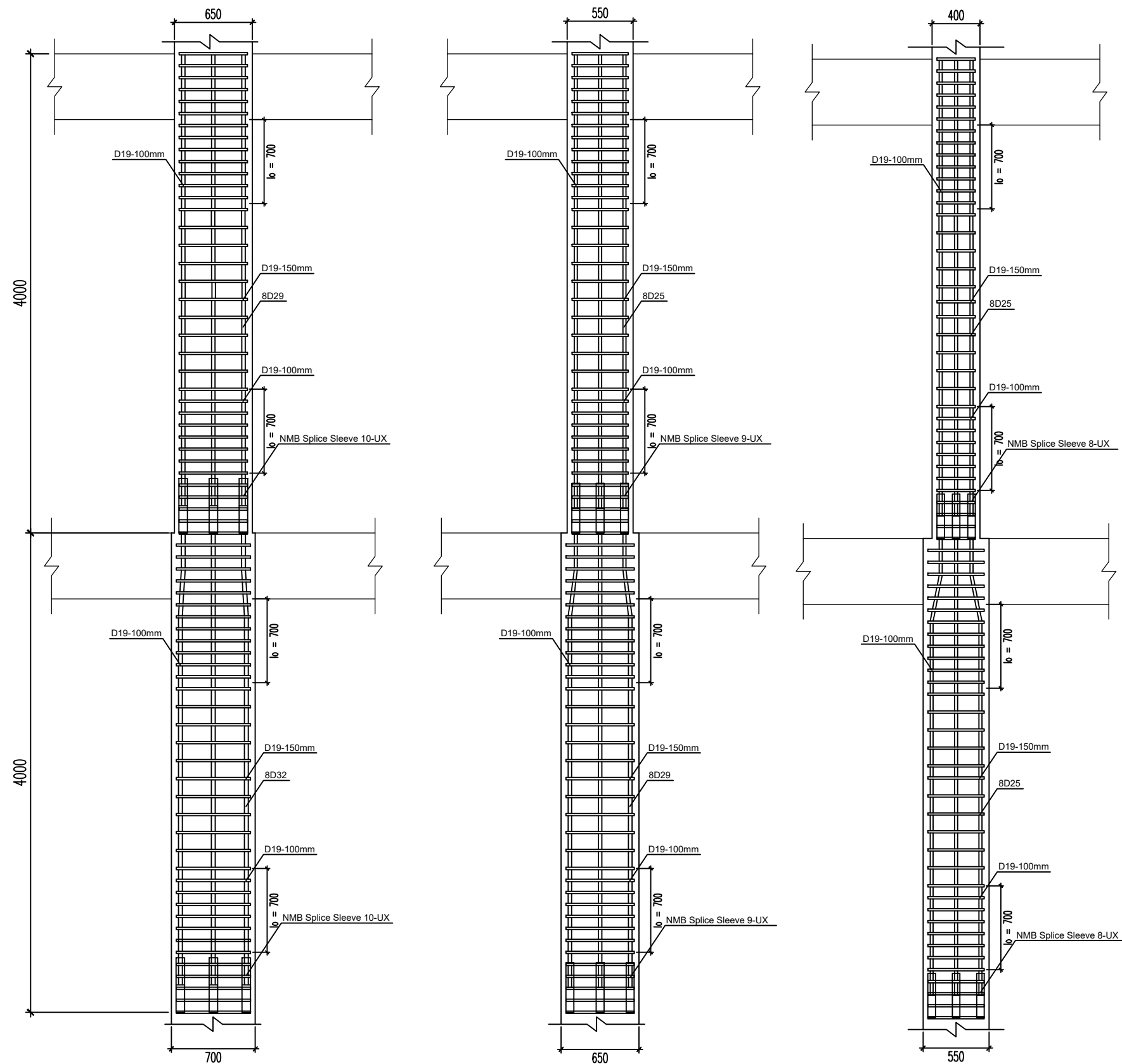
03111540000097



PENULANGAN BALOK-KOLOM
SKALA 1:40

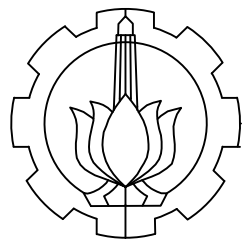
Semua Dimensi dalam mm

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama & NRP Mahasiswa
		Tugas Akhir					Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	M Dachreza Tri Kurnia Putra 03111540000097



DETAIL SAMBUNGAN KOLOM
SKALA 1:40

Semua Dimensi dalam mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml. Lembar

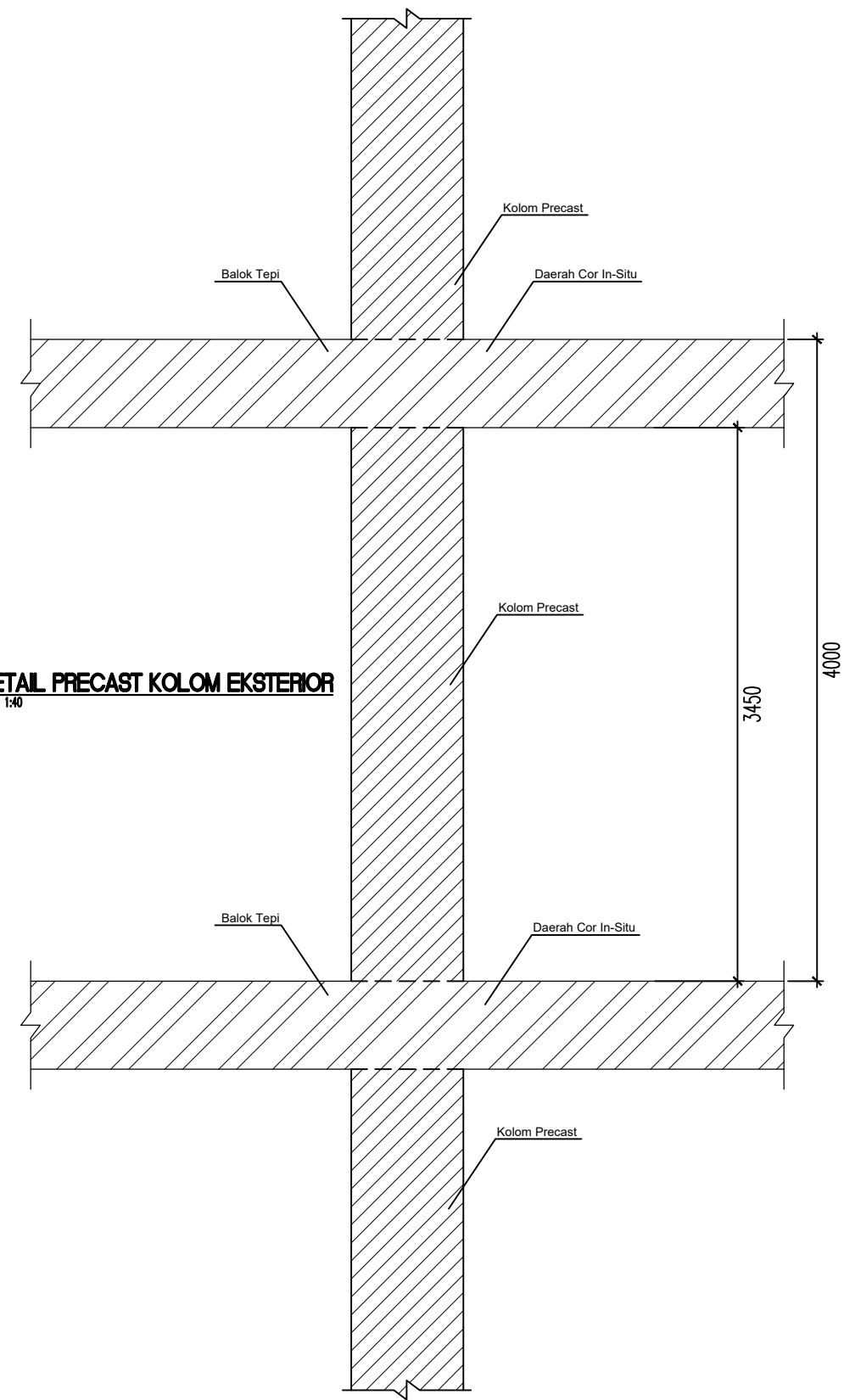
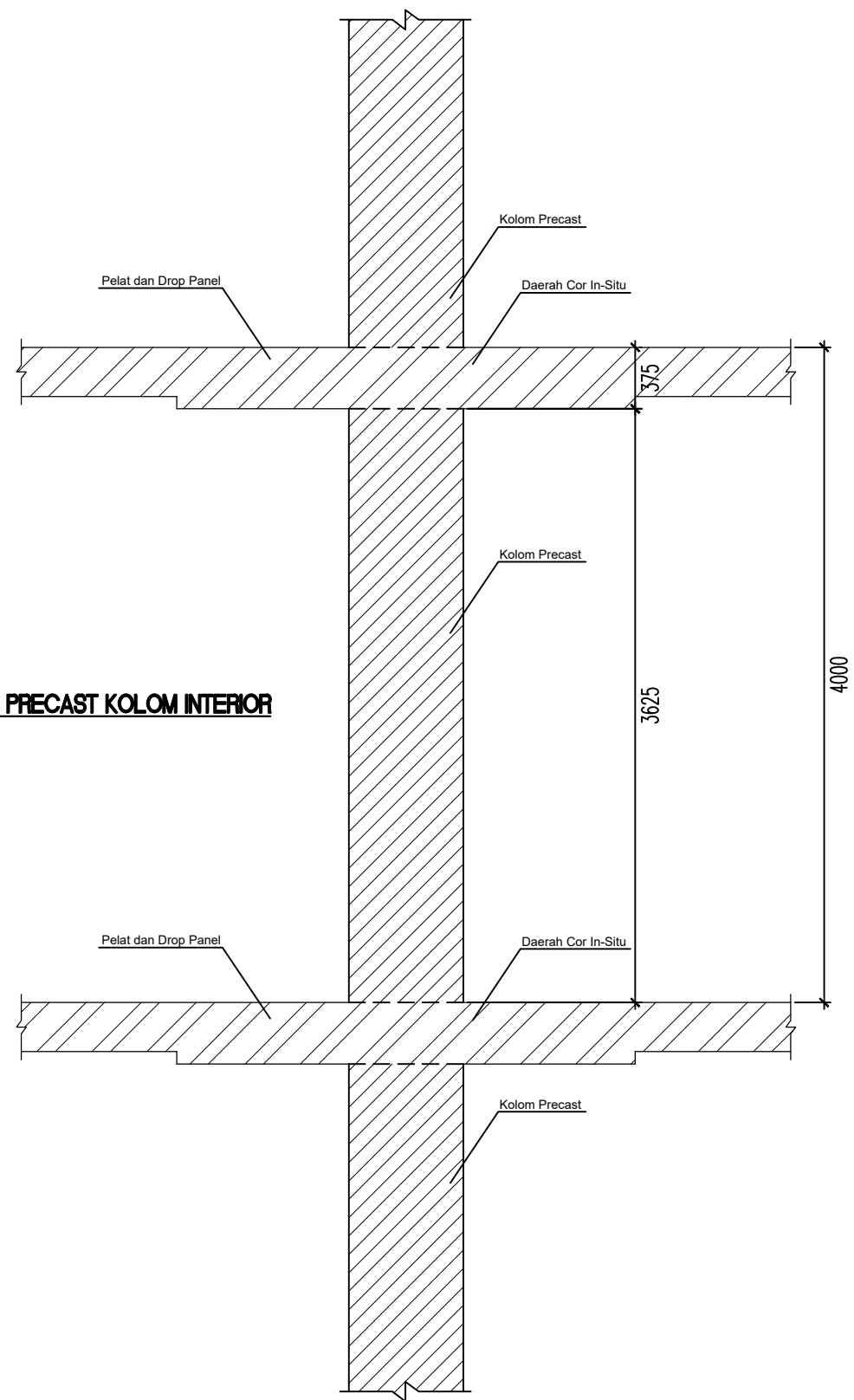
Dosen Pembimbing

Nama & NRP Mahasiswa

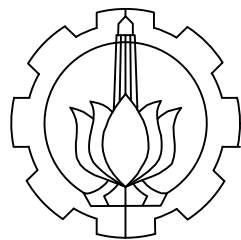
Tugas Akhir

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.

M Dachreza Tri Kurnia Putra
03111540000097



Semua Dimensi dalam mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml. Lembar

Dosen Pembimbing

Nama & NRP Mahasiswa

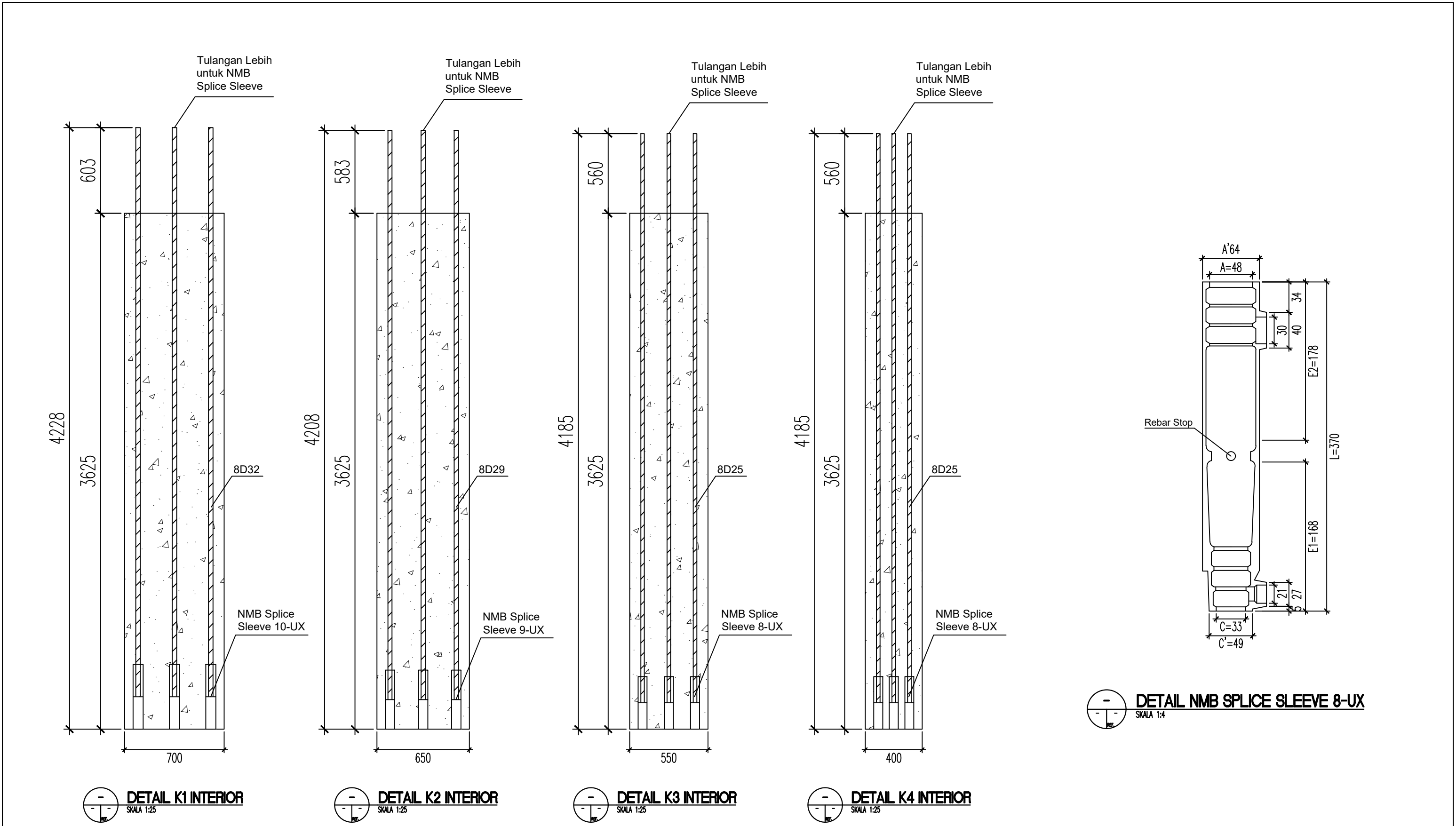
Tugas Akhir

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D

Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.

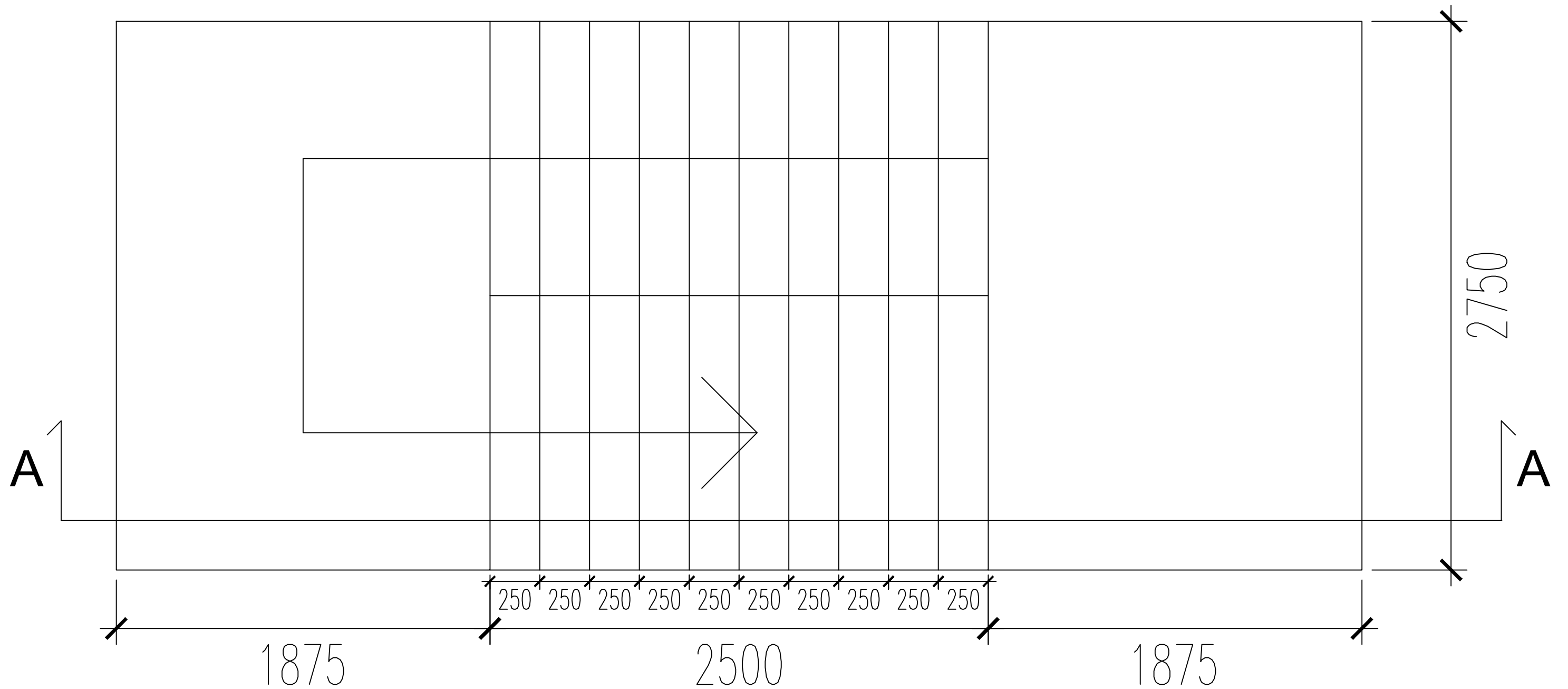
M Dachreza Tri Kurnia Putra

03111540000097



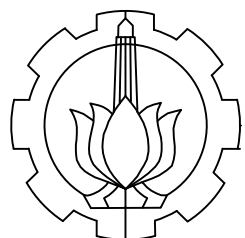
Semua Dimensi dalam mm

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama & NRP Mahasiswa
		Tugas Akhir					Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	M Dachreza Tri Kurnia Putra 03111540000097



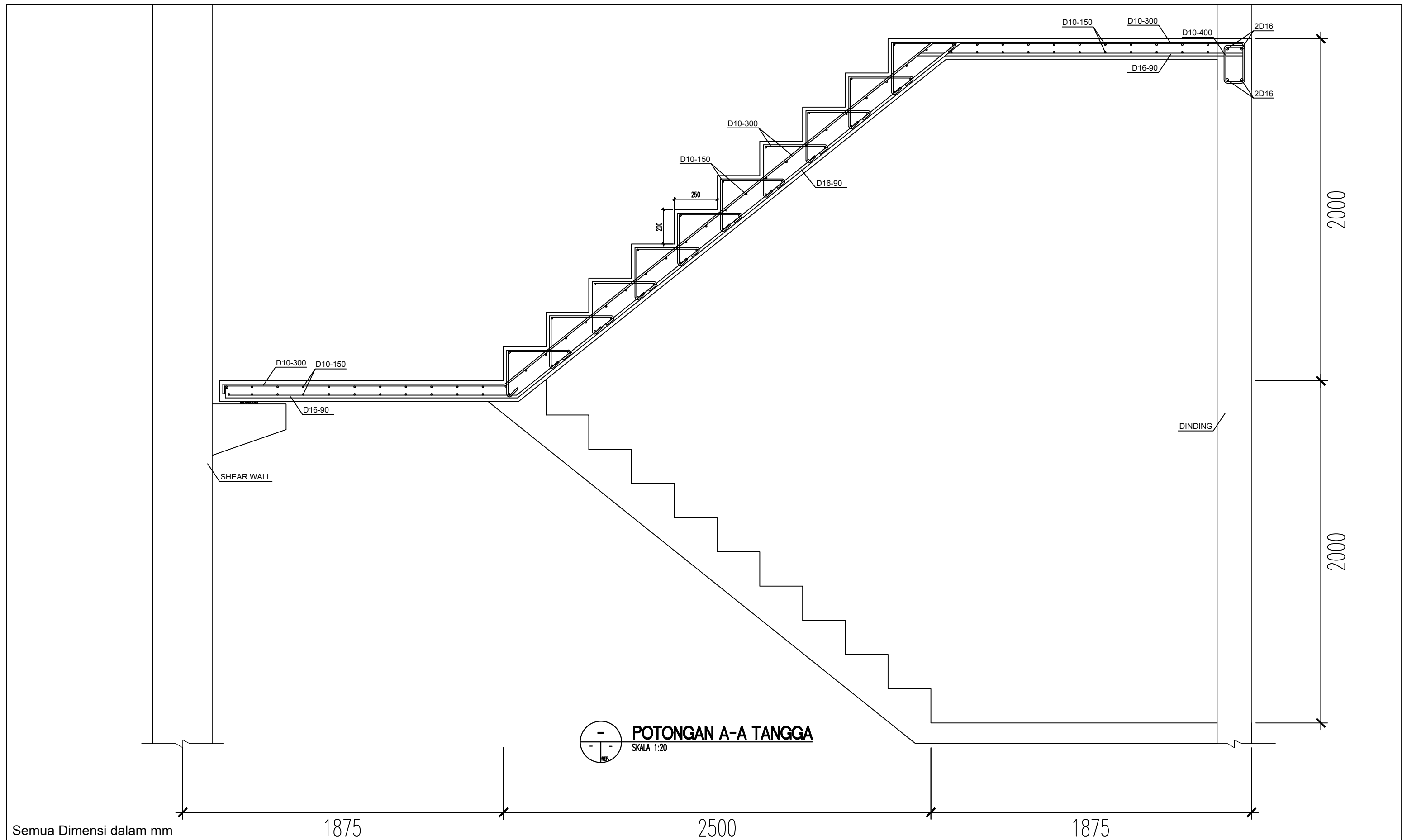
DENAH TANGGA
SKALA 1:20

Semua Dimensi dalam mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir					Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	M Dachreza Tri Kurnia Putra 03111540000097

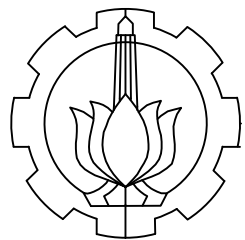


Semua Dimensi dalam mm

1875

2500

1875



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml. Lembar

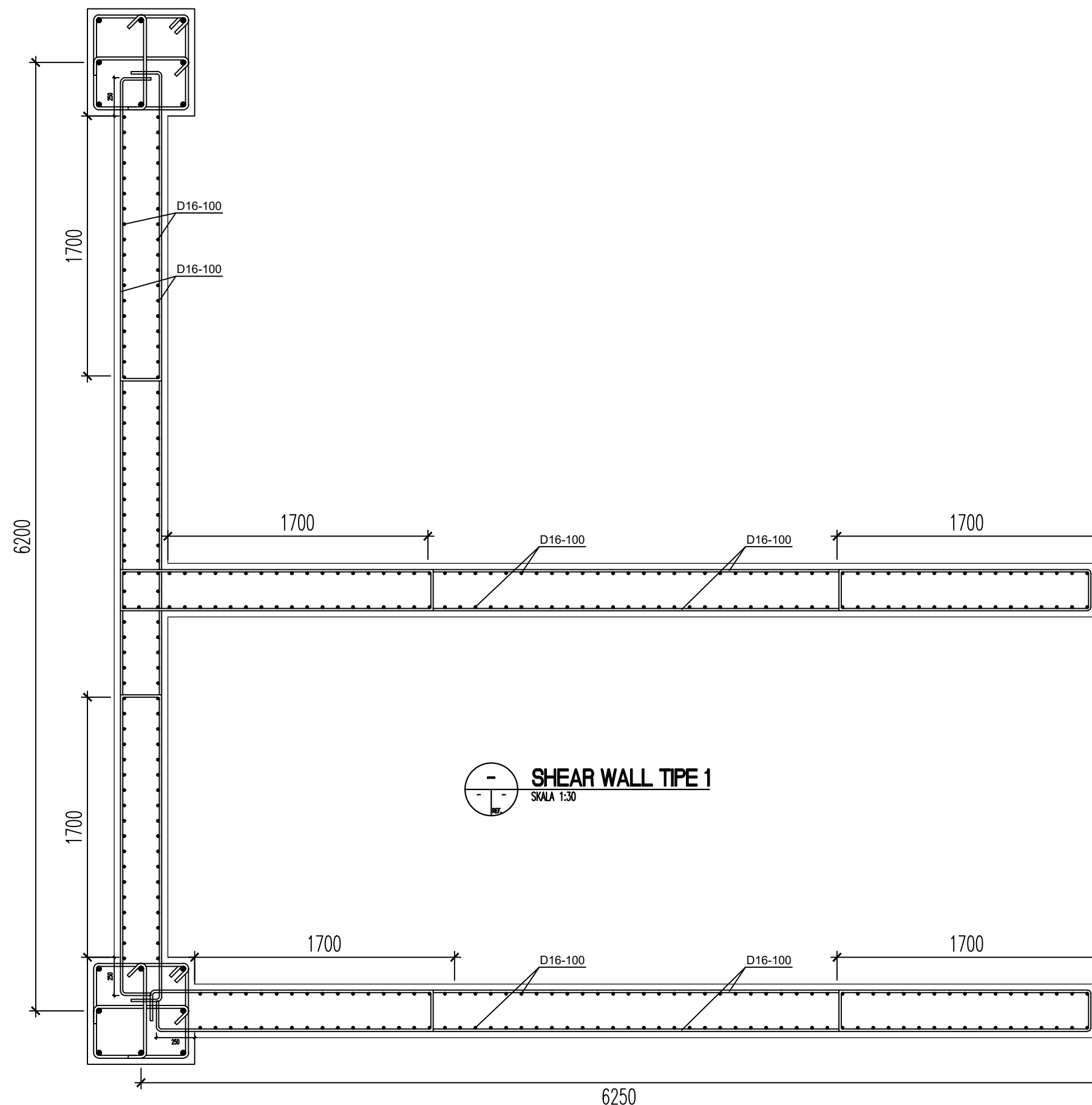
Dosen Pembimbing

Nama & NRP Mahasiswa

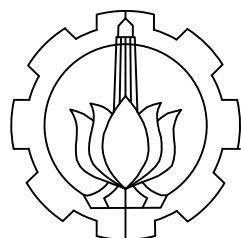
Tugas Akhir

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.

M Dachreza Tri Kurnia Putra
0311154000097



Semua Dimensi dalam mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml. Lembar

Dosen Pembimbing

Nama & NRP Mahasiswa

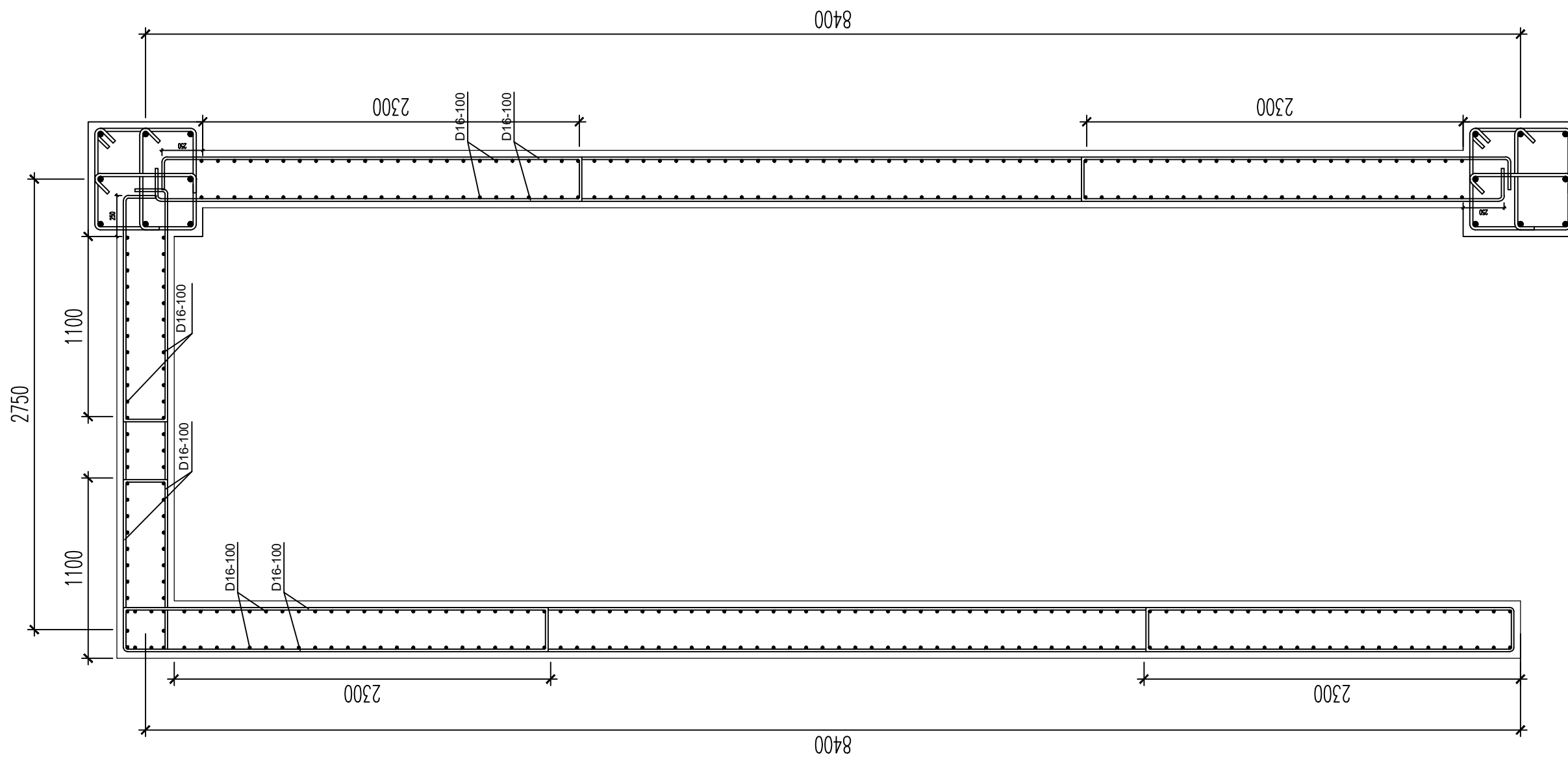
Tugas Akhir

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D

Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.

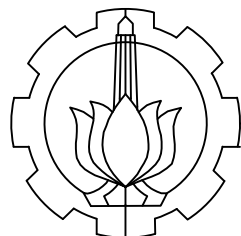
M Dachreza Tri Kurnia Putra

03111540000097



SHEAR WALL TYPE 2
SKALA 1:30

Semua Dimensi dalam mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml. Lembar

Dosen Pembimbing

Nama & NRP Mahasiswa

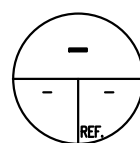
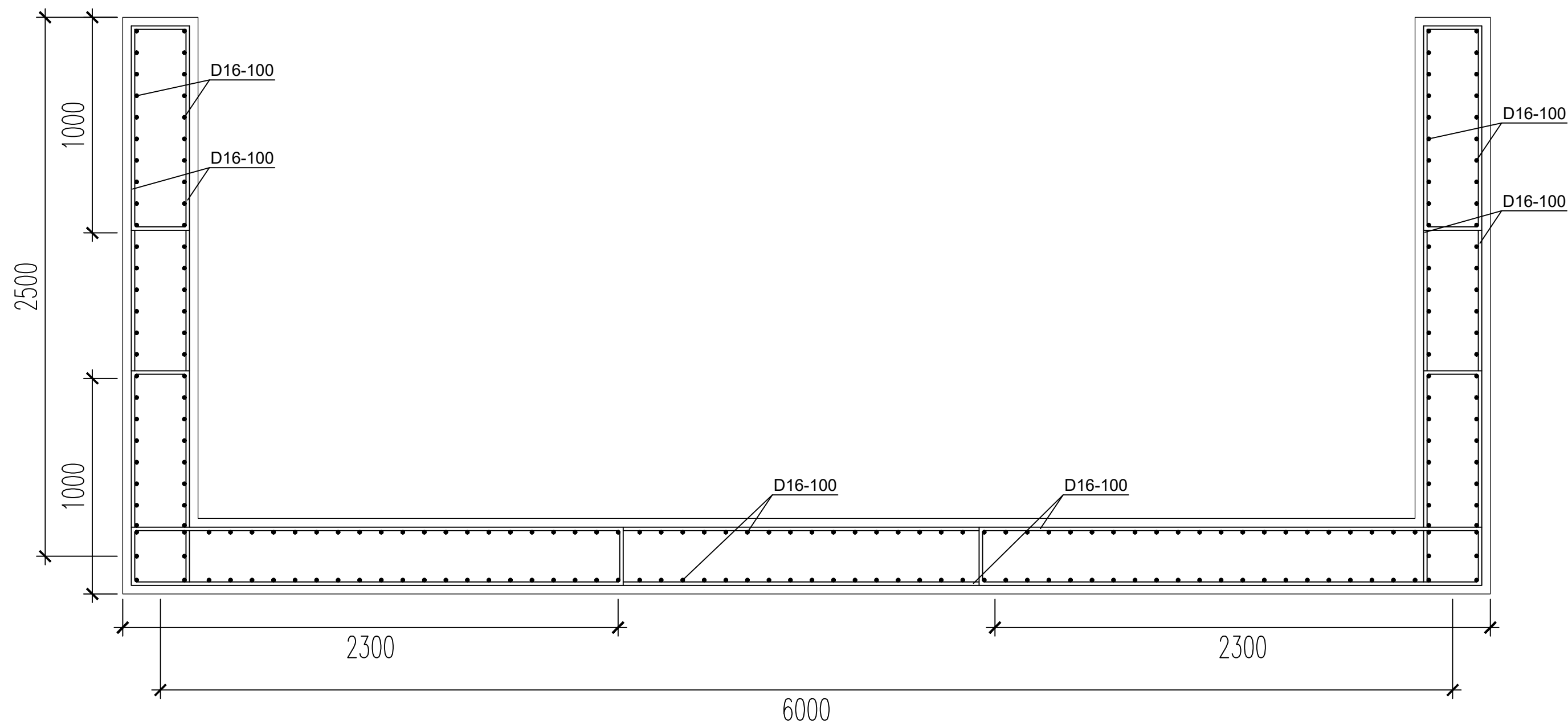
Tugas Akhir

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D

Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.

M Dachreza Tri Kurnia Putra

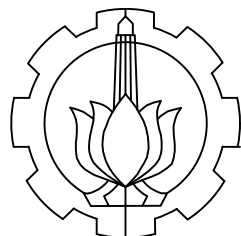
03111540000097



SHEAR WALL TIPE 3

SKALA 1:20

Semua Dimensi dalam mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml. Lembar

Dosen Pembimbing

Nama & NRP Mahasiswa

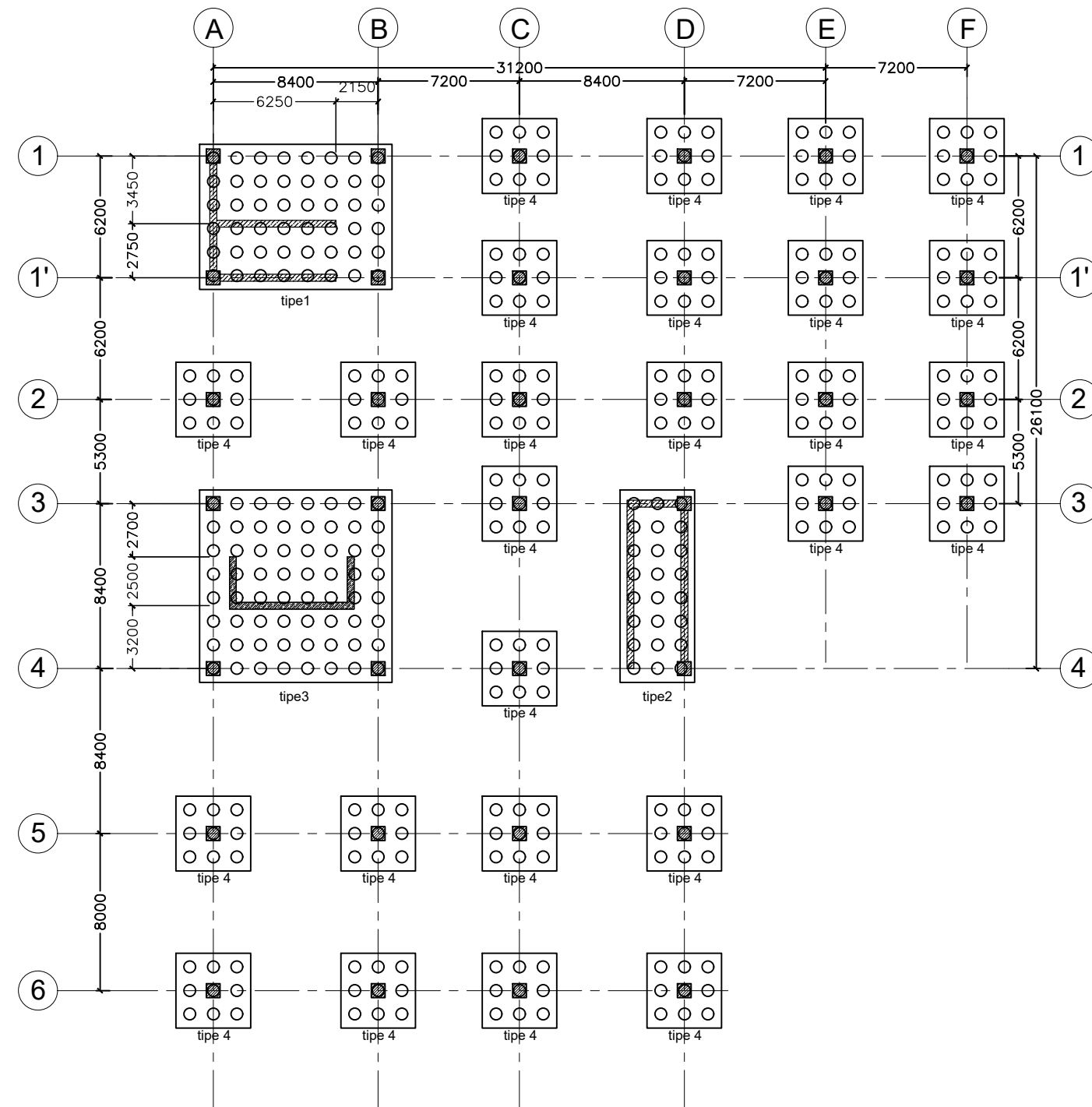
Tugas Akhir

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D

Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.

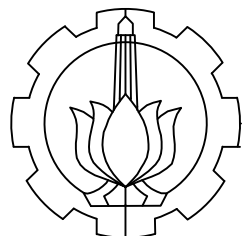
M Dachreza Tri Kurnia Putra

0311154000097



DENAH PONDASI
SKALA 1:300

Semua Dimensi dalam mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml. Lembar

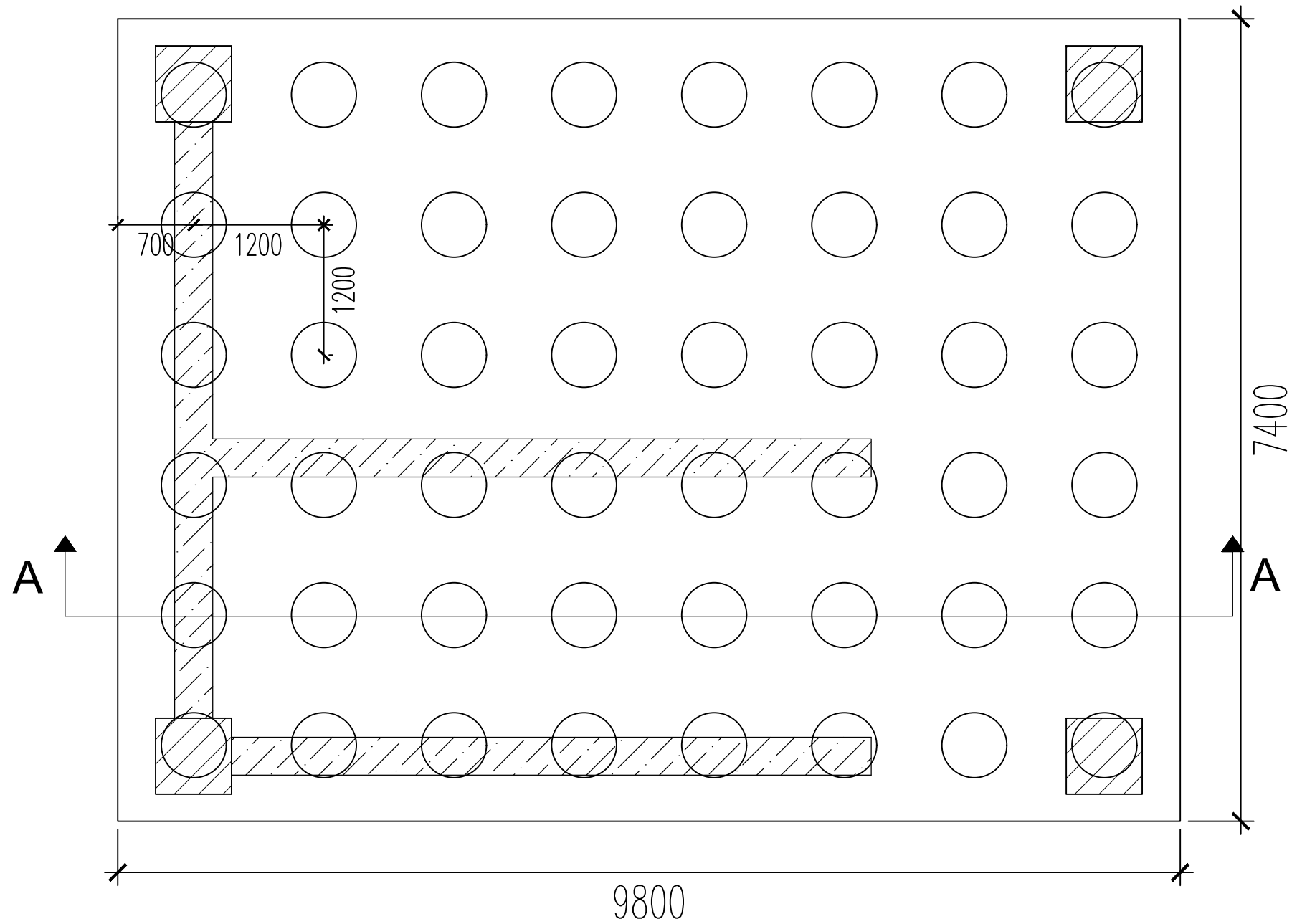
Dosen Pembimbing

Nama & NRP Mahasiswa

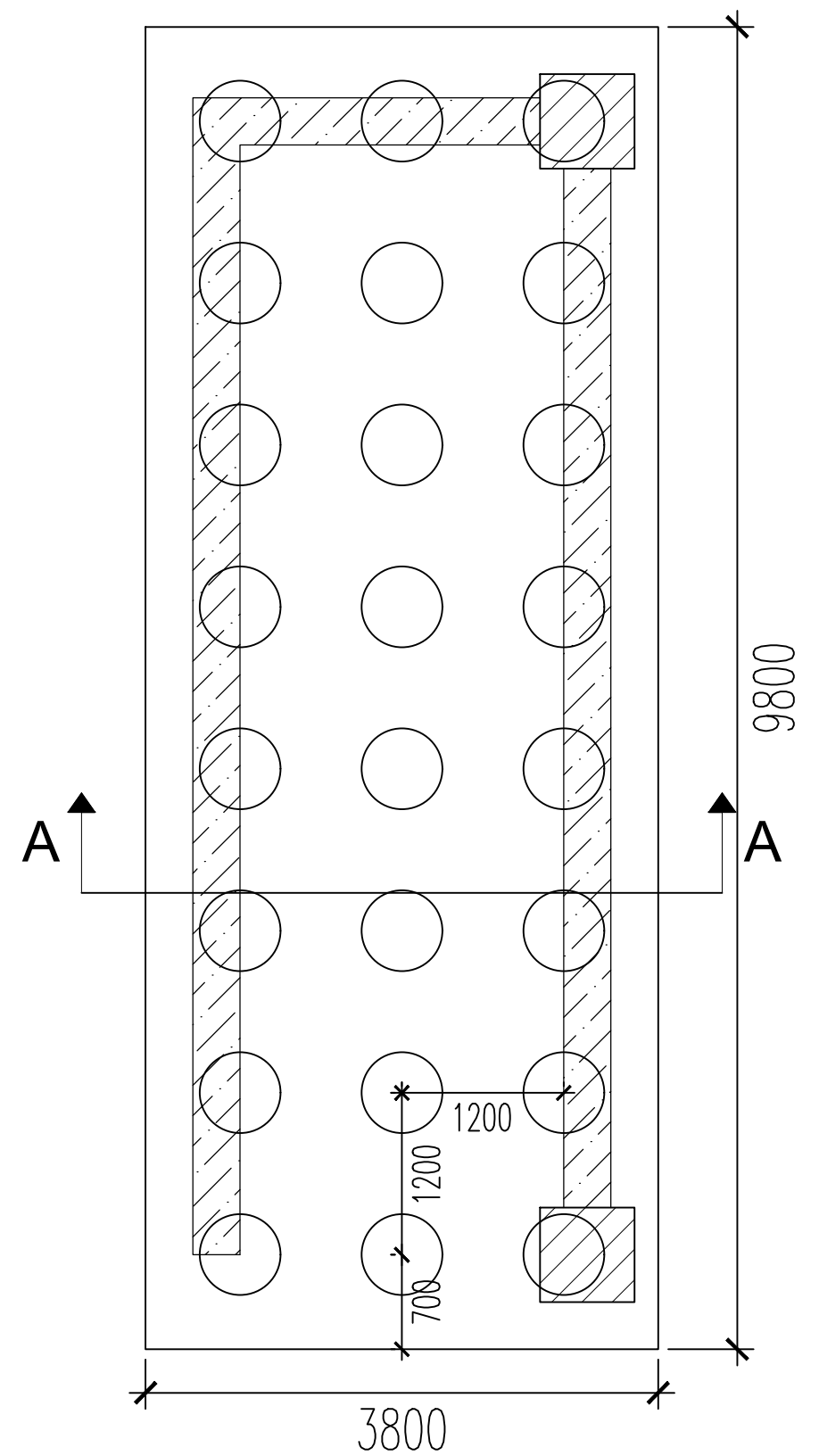
Tugas Akhir

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.

M Dachreza Tri Kurnia Putra
0311154000097



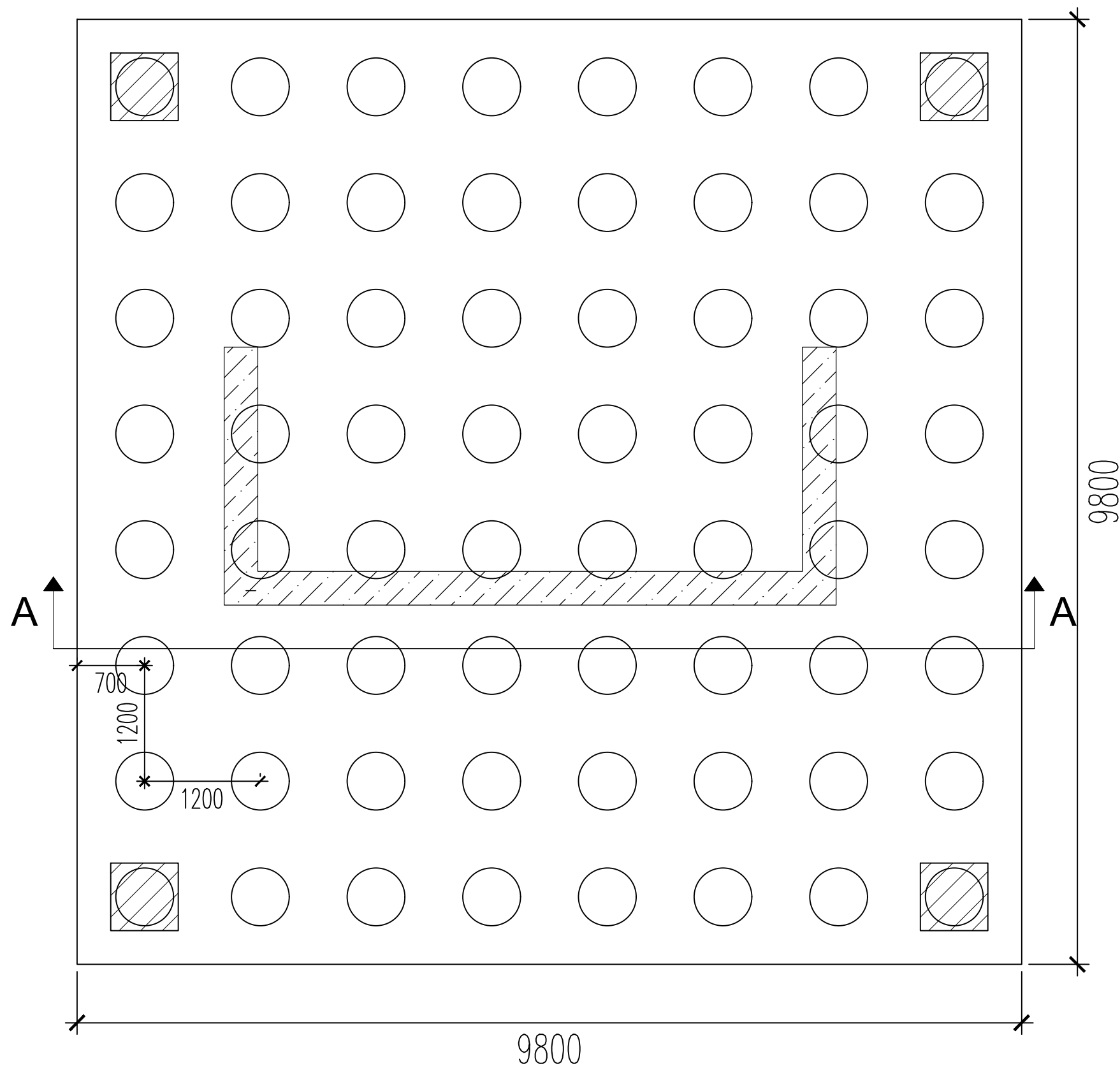
PONDASI TIPE 1
SKALA 1:50



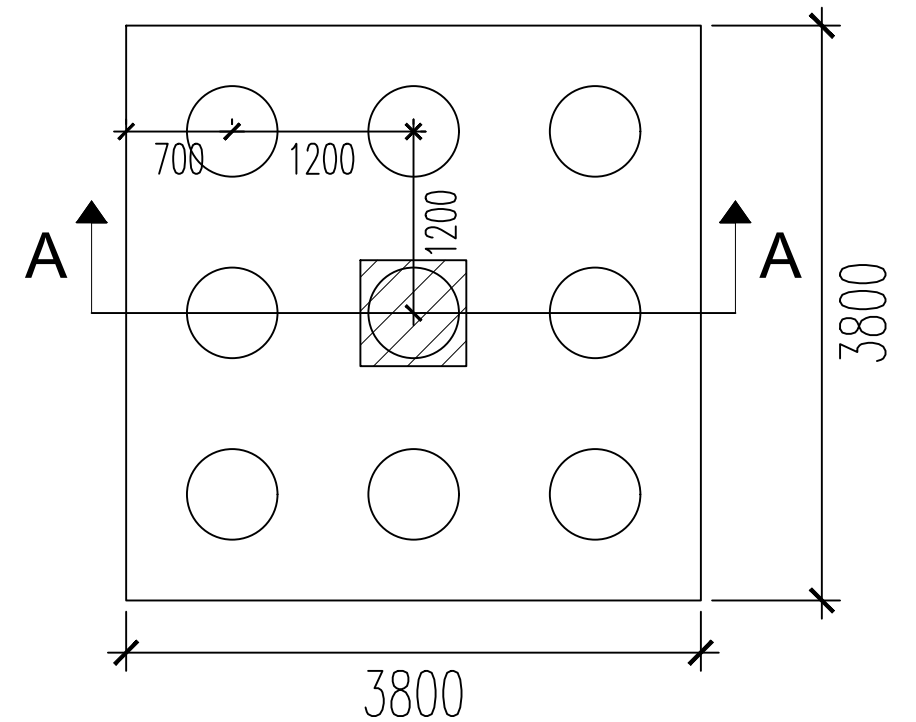
PONDASI TIPE 2
SKALA 1:50

Semua Dimensi dalam mm

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama & NRP Mahasiswa
		Tugas Akhir					Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	M Dachreza Tri Kurnia Putra 03111540000097

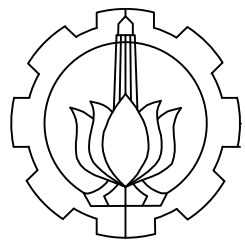


PONDASI TIPE 3
SKALA 1:50



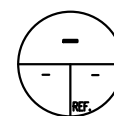
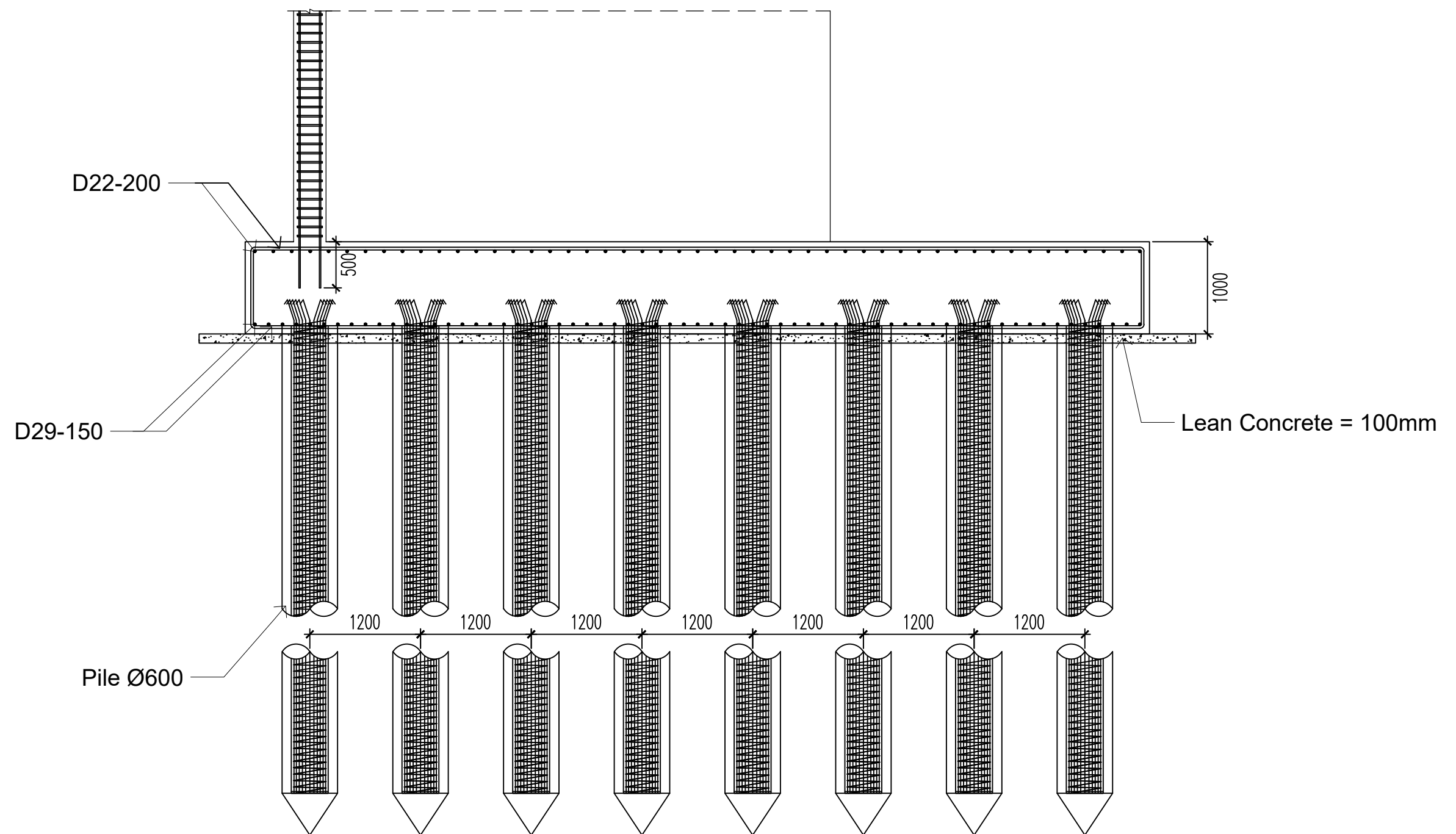
PONDASI TIPE 4
SKALA 1:50

Semua Dimensi dalam mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

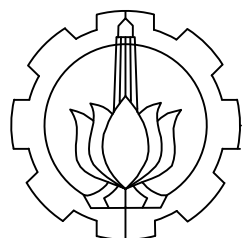
Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir					Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.	M Dachreza Tri Kurnia Putra 0311154000097



POTONGAN A-A PONDASI TIPE 1

SKALA 1:50

Semua Dimensi dalam mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml. Lembar

Dosen Pembimbing

Nama & NRP Mahasiswa

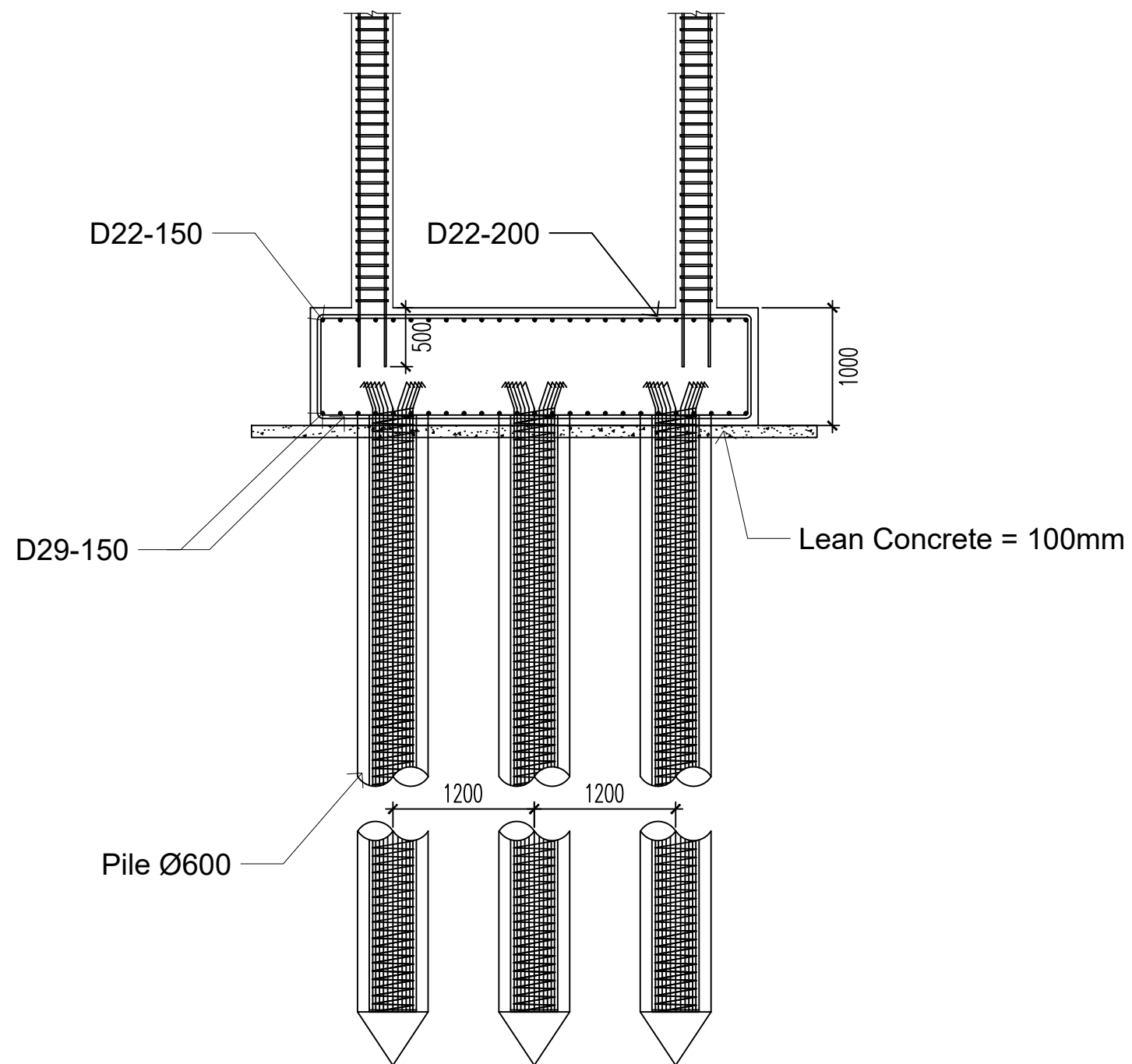
Tugas Akhir

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D

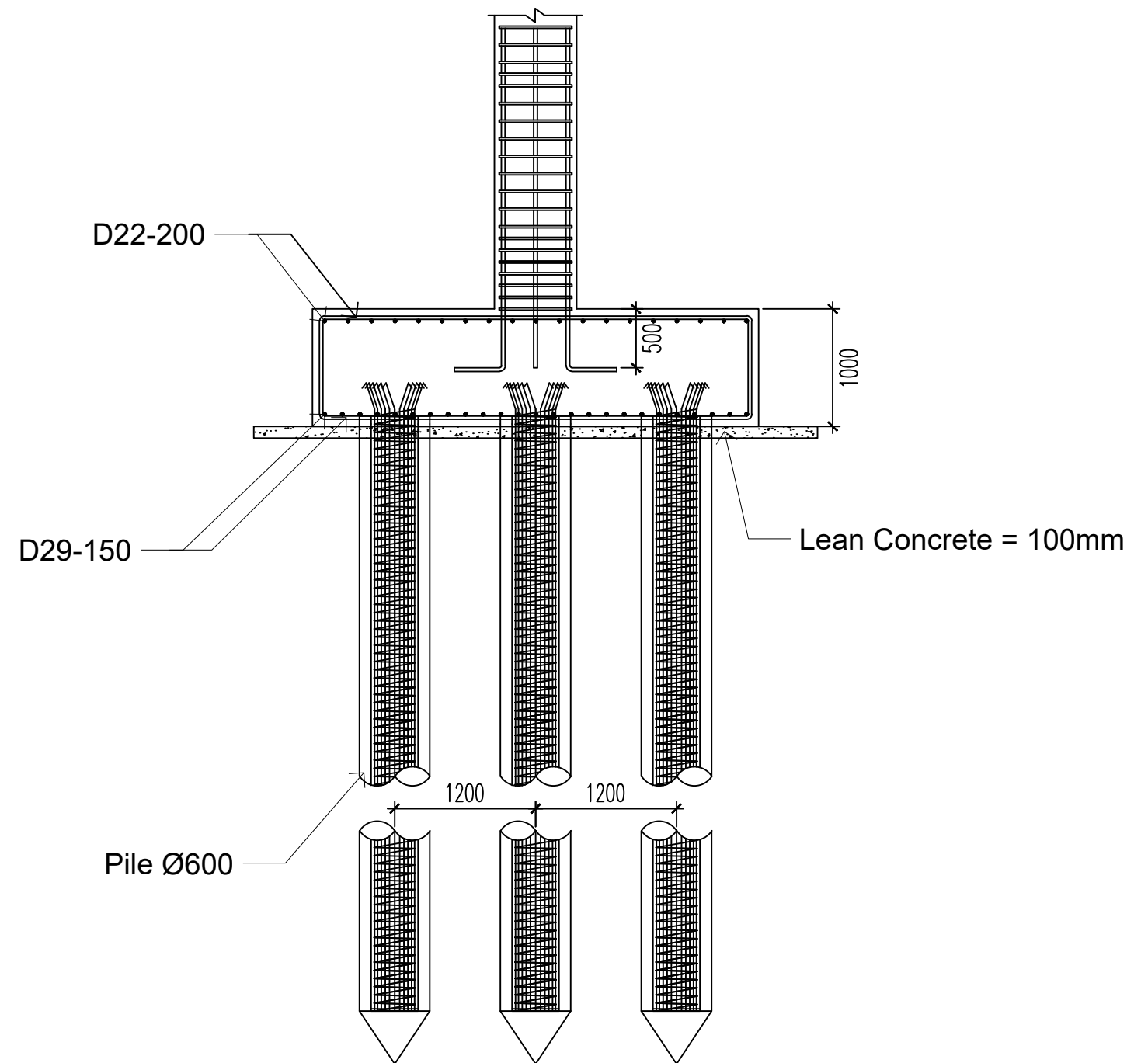
Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.

M Dachreza Tri Kurnia Putra

0311154000097

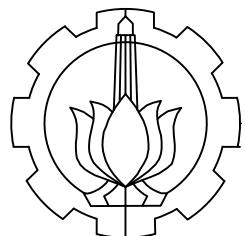


POTONGAN A-A PONDASI TIPE 2
SKALA 1:50



POTONGAN A-A PONDASI TIPE 4
SKALA 1:50

Semua Dimensi dalam mm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml. Lembar

Dosen Pembimbing

Nama & NRP Mahasiswa

Tugas Akhir

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Prof. Dr. Ir. IGP Raka, DEA.

M Dachreza Tri Kurnia Putra
0311154000097

BIODATA PENULIS



Muhammad Dachreza Tri Kurnia Putra, Penulis dilahirkan di Ujung Pandang, 06 Juni 1998, merupakan anak ketiga dari 4 bersaudara dengan orang tua bernama Ir. Darwis Ahmad,MM. dan Ir. Zarwati Selarita Yulianti. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Pembina (Palopo), SDN Mangkura III (Makassar), SMP Negeri 8 (Makassar), SMA Negeri 17 (Makassar). Setelah lulus dari SMA Negeri 17 Makassar tahun 2015, Penulis mengikuti SBMPTN dan

diterima di Jurusan Teknik Sipil FTSLK-ITS pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 03111540000097. Penulis aktif berorganisasi dilingkup jurusan maupun fakultas. Penulis pernah menjadi Staff Departemen PSDM HMS FTSP-ITS dan Wakil Ketua 1 HMS FTSP-ITS. Penulis juga aktif sebagai Pemandu LKMM dan pernah menjadi Staff Badan Koordinasi Pemandu BEM FTSP-ITS.

Narahubung :

Email : muh.dachreza@gmail.com

No HP : 08124142899